

VŠB – Technická universita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra části a mechanismů strojů

Balička rolí sáčků na odpad

Packaging Device for Trash Bags

Student:

Bc. Radek Heczko

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jiří Havlík, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Radek Heczko**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma: **Balička rolí sáčků na odpad**
Packaging Device for Trash Bags

Zásady pro vypracování:

V rámci diplomové práce navrhnete baličku rolí sáčků na odpad :

1. Minimální průměr role 35 mm, maximální průměr role 70 mm
2. Minimální šířka role 130 mm, maximální šířka role 325 mm
3. Rychlost balení 5 rolí min-1
4. Manuální vkládání rolí do zásobníku
5. Balička bude mít možnost připojení nanášecího zařízení termolepidla
6. Výstup rolí do bedny volným pádem

Konstrukční dokumentace bude obsahovat sestavný výkres a výrobní výkresy určených dílů.

Seznam doporučené odborné literatury:

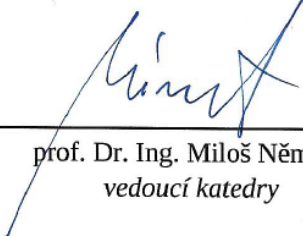
- BOLEK, A.; KOCHMAN, J. *Části strojů 1*. Praha : SNTL, 1990. 775s. ISBN 80-03-00046-7.
BOLEK, A.; KOCHMAN, J. *Části strojů 2*. Praha : SNTL, 1990. 707s. ISBN 80-03-00426-8.
DEJL, Z. *Konstrukce strojů a zařízení I*. Ostrava : Montanex, 2000, 225 s. ISBN 80-7225-018-3
DRASTÍK, F. *Strojnické tabulky*. Ostrava : Montanex, 1999, 722 s. ISBN 80-85780-95-X
KŘÍŽ, R. *Strojnické tabulky II. Pohony*. Ostrava : Montanex, 1997, 213 s. ISBN 80-85780-51-8
MORAVEC, V.; HAVLÍK, J. *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2005, 72 s. ISBN 80-248-0878-1
NĚMČEK, M. *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů, spoje*.
druhé vydání Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2008, 111 s. ISBN 978-80-248-1782-8
Katalogy ložisek
Firemní literatura

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Havlík, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Radek Heczko

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Návsí 1008, 739 92, okres Frýdek-Místek

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

HECZKO, R. Balička rolí sáčků na odpad: diplomová práce. Ostrava: VŠB - Technická universita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2013, 65 s. Vedoucí práce: Havlík, J.

Diplomová práce se zabývá problematikou návrhu zařízení pro balení rolí sáčků na odpad do papírových obalů. První část je věnována všeobecnému přehledu balicích strojů a způsobů balení materiálu. V dalších částech je uveden konstrukční návrh baličky rolí sáčků na odpad. Rám zařízení je sestaven s hliníkových montážních profilů. Pohyb jednotlivých mechanických částí je zajištěn pneumatickými pohony. Uchopení a manipulace s obalem je realizována vakuovým systémem. Zařízení je připraveno k připojení nanášecího zařízení tavného lepidla. Nastavitelné části jednotlivých dílů umožňují balení zadaného rozsahu rozměrů rolí. Výsledkem práce je návrh baličky rolí sáčků na odpad, výkres sestavy baličky a dílenský výkres čepu dna kanálku.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

HECZKO, R. Packaging Device for Trash Bags: Master Thesis. Ostrava : VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2013, 65 p. Thesis head: Havlík, J.

This diploma thesis deals with a designing an equipment for packing waste bag rolls in a cardboard packaging. The first part describes general overview of packaging machines and methods of material packaging. Next parts present designing of packaging machine. The machine frame is constructed from aluminum mounting profiles. Movement of mechanical parts is provided by pneumatic actuators. Grasping and manipulation with packaging is realized by a vacuum system. Device is ready to be connected to hot melt adhesive application equipment. Adjustable parts allow packaging of rolls in specified dimensions. The result is a packaging machine proposal, packaging machine assembly drawing and a workshop drawing of bottom channel pin.

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování patří vedoucímu mé diplomové práce panu doc. Ing. Jiřímu Havlíkovi, Ph.D. za odborné připomínky a pomoc při vypracování diplomové práce.

OBSAH

Seznam použitých značek a symbolů.....	10
Úvod.....	14
Cíle práce.....	15
1. Zadavatel diplomové práce.....	16
2. Přehled balicí techniky.....	17
2.1. Stroje pro balení do teplem smrštitelné fólie.....	17
2.2. Horizontální stroje.....	18
2.3. Ovinovací stroje.....	18
2.4. Lepicí stroje.....	19
2.5. Páskovací stroje.....	19
2.6. Vakuové stroje.....	20
2.7. Stroje pro balení do misek.....	21
3. Přehled přímočarých pohonů.....	22
3.1. Elektrické lineární šroubové pohony.....	22
3.2. Elektrické válce s lineárním elektromotorem.....	22
3.3. Elektrické přímočaré řemenové pohony.....	23
3.4. Pneumatické bezpístnicové pohony.....	23
3.5. Pneumatické kompaktní válce.....	24
4. Konstrukční návrh baličky rolí sáčků na odpad.....	25
4.1. Rám balicího stroje.....	25
4.1.1. Popis částí.....	26
4.2. Zásobník rolí.....	26
4.2.1 Popis funkce zásobníku rolí.....	26
4.2.2. Popis pohonů děliče a uzávěru zásobníku.....	27
4.3. Zásobník obalů, podavač obalů a aplikátor lepidla.....	27
4.3.1. Popis funkce zásobníku s podavačem obalů a aplikátoru lepidla.....	28
4.3.2. Popis částí zásobníku s podavačem obalů a aplikátoru lepidla.....	29
4.4. Balicí stůl.....	31
4.4.1. Popis funkce balicího stolu.....	31
4.4.2. Popis částí balicího stolu.....	33
5. Technické parametry pneumatických pohonů.....	34
5.1. Pohon děliče zásobníku rolí.....	34
5.2. Pohon dna zásobníku rolí.....	35

5.3. Pohon podavače obalů.....	36
5.4. Pohon dorazu stolu.....	39
5.5. Pohon desek stolu.....	40
5.6. Pohon aplikátoru lepidla.....	40
5.7. Pohon dna kanálku.....	42
6. Výpočet kinematiky pohonů.....	44
7. Návrh pneumatiky balicího stroje.....	48
7.1. Pneumatika pohonů.....	48
7.1.1. Uvolňování a uzavírání děliče rolí.....	48
7.1.2. Otevírání a uzavírání zásobníku rolí.....	48
7.1.3. Vertikální pohyb podavače obalů.....	49
7.1.4. Horizontální pohyb podavače obalů.....	49
7.1.5. Vysouvání a zasouvání dorazu stolu.....	50
7.1.6. Vysouvání a zasouvání obou desek stolu.....	50
7.1.7. Horizontální pohyb aplikátoru lepidla.....	51
7.1.8. Vertikální pohyb aplikátoru lepidla.....	51
7.1.9. Otevření a uzavření dna kanálků.....	52
7.2. Návrh vakuového systému.....	52
7.2.1. Vakuový ejektor.....	52
7.2.2. Tlakový spínač.....	54
7.2.3. Přísavka.....	54
8. Pevnostní kontrola nosných prvků.....	55
8.1. Pevnostní kontrola závěsu válce.....	55
8.2. Pevnostní kontrola nosiče vakuového systému.....	56
8.3. Pevnostní kontrola nosníku aplikátoru lepidla.....	58
8.4. Pevnostní kontrola podpěry válce dorazu.....	59
9. Finanční odhad.....	61
10. Závěr.....	62
Seznam použité literatury.....	63
Seznam příloh.....	65

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

Značka	Význam	Jednotky
D_{SLG8}	Průměr pístu pohonu SLG-8-100-P-A	[mm]
h_{SLG8}	Zdvih pístu pohonu SLG-8-100-P-A	[mm]
v_{SLG8}	Maximální rychlost pohonu SLG-8-100-P-A	[m·s ⁻¹]
p_{SLG8}	Provozní tlak pohonu SLG-8-100-P-A	[MPa]
F_{SLG8}	Teoretická síla pohonu SLG-8-100-P-A	[N]
$F_{z\ max,SLG8}$	Max. síla působící vert. na saně pohonu SLG-8-100-P-A	[N]
m_{kl}	Hmotnost kolejnice lineárního vedení DryLin T	[g]
l_k	Délka kolejnice lineárního vedení DryLin T	[mm]
m_{vz}	Hmotnost pojezdového vozíku lineárního vedení DryLin T	[g]
$G_{Děl}$	Tíha děliče rolí	[N]
$F_{z,SLG8}$	Síla působící vertikálně na saně pohonu SLG-8-100-P-A	[N]
b_{ej}	Šířka tělesa vakuového ejektoru	[mm]
D_n	Jmenovitá světlost Lavalovy trysky	[mm]
p_{ej}	Provozní tlak vakuového ejektoru	[MPa]
$D_{př}$	Průměr přísavky	[mm]
$D_{ADNGF12}$	Průměr pístu pohonu ADNGF-12-20-P-A	[mm]
$h_{ADNGF12}$	Zdvih pístu pohonu ADNGF-12-20-P-A	[mm]
$p_{ADNGF12}$	Provozní tlak pohonu ADNGF-12-20-P-A	[MPa]
$F_{ADNGF12, vp}$	Teoretická síla pohonu ADNGF-12-20-P-A, pohyb vpřed	[N]
$F_{ADNGF12, vz}$	Teoretická síla pohonu ADNGF-12-20-P-A, pohyb vzad	[N]
$m_{ADBGF12}$	Hmotnost pohonu ADNGF-12-20-P-A	[g]
T_{Vak}	Moment vznikající od nosiče vakuového systému	[N·mm]
$F_{g,ADNGF12}$	Příčná síla působící na pohon ADNGF-12-20-P-A	[N]
$F_{g\ max,ADNGF12}$	Max. příčná síla působící na pohon ADNGF-12-20-P-A	[N]
a	Vzdálenost ramene	[mm]
b	Délka vysunutí pístu	[mm]
$h_{SLG8-400}$	Zdvih pístu pohonu SLG-8-400-P-A	[mm]
$F_{y\ max,SLG8}$	Max. síla působící horiz. na saně pohonu SLG-8-400-P-A	[N]
F_y	Síla působící horizontálně na saně pohonu SLG-8-400-P-A	[N]
$T_{x\ max}$	Max. točivý moment okolo osy x pohonu SLG-8-400-P-A	[N·mm]
T_x	Točivý moment okolo osy x pohonu SLG-8-400-P-A	[N·mm]
c	Vzdálenost ramene	[mm]

Značka	Význam	Jednotky
$D_{ADNGF20}$	Průměr pístu pohonu ADNGF-20-200-P-A	[mm]
$h_{ADNGF20}$	Zdvih pístu pohonu ADNGF-20-200-P-A	[mm]
$p_{ADNGF20}$	Provozní tlak pohonu ADNGF-20-200-P-A	[MPa]
$F_{ADNGF20, vp}$	Teoretická síla pohonu ADNGF-20-200-P-A, pohyb vpřed	[N]
$F_{ADNGF20, vz}$	Teoretická síla pohonu ADNGF-20-200-P-A, pohyb vzad	[N]
$m_{ADNGF20}$	Hmotnost pohonu ADNGF-20-200-P-A	[g]
$D_{ADNGF25}$	Průměr pístu pohonu ADNGF-25-150-P-A	[mm]
$h_{ADNGF25}$	Zdvih pístu pohonu ADNGF-25-150-P-A	[mm]
$p_{ADNGF25}$	Provozní tlak pohonu ADNGF-25-150-P-A	[MPa]
$F_{ADNGF25, vp}$	Teoretická síla pohonu ADNGF-25-150-P-A, pohyb vpřed	[N]
$F_{ADNGF25, vz}$	Teoretická síla pohonu ADNGF-25-150-P-A, pohyb vzad	[N]
$m_{ADNGF25}$	Hmotnost pohonu ADNGF-25-150-P-A	[g]
$F_{g \max, ADNGF25}$	Max. příčná síla působící na pohon ADNGF-25-150-P-A	[N]
m_{Apl}	Maximální hmotnost nanášecího zařízení	[g]
g	Gravitační zrychlení	$[m \cdot s^{-1}]$
D_{DSM}	Velikost pístu pohonu DSM-10-90-P-FW	[mm]
α	Úhel kyvu	$[^{\circ}]$
p_{DSM}	Provozní tlak pohonu DSM-10-90-P-FW	[MPa]
f	Frekvence kyvu pohonu DSM-10-90-P-FW	[Hz]
T_k	Točivý moment pohonu DSM-10-90-P-FW	$[N \cdot mm]$
V_{DSM}	Objem válce pohonu DSM-10-90-P-FW	[l]
m_{DSM}	Hmotnost pohonu DSM-10-90-P-FW	[g]
$v_{Děl, T}$	Teoretická rychlost děliče rolí	$[m \cdot s^{-1}]$
$h_{Děl}$	Dráha děliče rolí	[mm]
$t_{Děl, T}$	Teoretický čas pro dosažení polohy děliče rolí	[s]
$v_{Zás, T}$	Teoretická rychlost uzávěru zásobníku rolí	$[m \cdot s^{-1}]$
$h_{Zás}$	Dráha uzávěru zásobníku rolí	[mm]
$t_{Zás, T}$	Teoretický čas pro dosažení polohy uzávěru zásobníku rolí	[s]
$v_{Pod, vert, T}$	Teoretická rychlost podavače obalů, vertikální pohyb	$[m \cdot s^{-1}]$
$h_{Pod, vert}$	Dráha podavače obalů, vertikální pohyb	[mm]
$t_{Pod, vert, T}$	Teor. čas pro dosažení polohy podavače obalů, vert. pohyb	[s]
$v_{Pod, horiz, T}$	Teoretická rychlost podavače obalů, horizontální pohyb	$[m \cdot s^{-1}]$
$h_{Pod, horiz}$	Dráha podavače obalů, horizontální pohyb	[mm]
$t_{Pod, horiz, T}$	Teor. čas pro dosažení polohy podavače obalů, horiz. pohyb	[s]

Značka	Význam	Jednotky
$v_{Dor,T}$	Teoretická rychlost dorazu stolu	$[m \cdot s^{-1}]$
h_{Dor}	Dráha dorazu stolu	$[mm]$
$t_{Dor,T}$	Teoretický čas pro dosažení polohy dorazu stolu	$[s]$
$v_{Des,T}$	Teoretická rychlost desek stolu	$[m \cdot s^{-1}]$
h_{Des}	Dráha desek stolu	$[mm]$
$t_{Des,T}$	Teoretický čas pro dosažení polohy desek stolu	$[s]$
$v_{Apl,horiz,T}$	Teoretická rychlost aplikátoru lepidla, horizontální pohyb	$[m \cdot s^{-1}]$
$h_{Apl,horiz}$	Dráha aplikátoru lepidla, horizontální pohyb	$[mm]$
$t_{Apl,horiz,T}$	Teor. čas pro dosažení polohy apl. lepidla, horiz. pohyb	$[s]$
$v_{Apl,vert,T}$	Teoretická rychlost aplikátoru lepidla, vertikální pohyb	$[m \cdot s^{-1}]$
$h_{Apl,vert}$	Dráha aplikátoru lepidla, vertikální pohyb	$[mm]$
$t_{Apl,vert,T}$	Teor. čas pro dosažení polohy apl. lepidla, vert. pohyb	$[s]$
v_D	Doporučená rychlost	$[m \cdot s^{-1}]$
ω	Úhlová rychlost dna kanálku	$[ot \cdot min^{-1}]$
φ	Dráha pohybu dna kanálků	$[rad]$
$t_{DSM,T}$	Teoretický čas pro dosažení polohy dna kanálku	$[s]$
$V_{Děl}$	Objem válce děliče rolí	$[l]$
$t_{Děl}$	Čas pro dosažení polohy děliče rolí	$[s]$
$Q_{Děl}$	Spotřeba vzduchu válce děliče rolí	$[l \cdot s^{-1}]$
$V_{Zás}$	Objem válce uzávěru zásobníku	$[l]$
$t_{Zás}$	Čas pro dosažení polohy uzávěru zásobníku	$[s]$
$Q_{Zás}$	Spotřeba vzduchu válce uzávěru zásobníku	$[l \cdot s^{-1}]$
$V_{Pod,vert}$	Objem válce podávače obalů, vertikální pohyb	$[l]$
$t_{Pod,vert}$	Čas pro dosažení polohy podávače obalů, vertikální pohyb	$[s]$
$Q_{Pod,vert}$	Spotřeba vzduchu válce podávače obalů, vertikální pohyb	$[l \cdot s^{-1}]$
$V_{Pod,horiz}$	Objem válce podávače obalů, horizontální pohyb	$[l]$
$t_{Pod,horiz}$	Čas pro dosažení polohy podávače obalů, horiz. pohyb	$[s]$
$Q_{Pod,horiz}$	Spotřeba vzduchu válce podávače obalů, horiz. pohyb	$[l \cdot s^{-1}]$
V_{Dor}	Objem válce dorazu stolu	$[l]$
t_{Dor}	Čas pro dosažení polohy dorazu stolu	$[s]$
Q_{Dor}	Spotřeba vzduchu válce dorazu stolu	$[l \cdot s^{-1}]$
V_{Des}	Objem válce desek stolu	$[l]$
t_{Des}	Čas pro dosažení polohy desek stolu	$[s]$
Q_{Des}	Spotřeba vzduchu válce desek stolu	$[l \cdot s^{-1}]$

Značka	Význam	Jednotky
$V_{\text{Apl,horiz}}$	Objem válce aplikátoru lepidla, horizontální pohyb	[l]
$t_{\text{Apl,horiz}}$	Čas pro dosažení polohy aplikátoru lepidla, horiz. pohyb	[s]
$Q_{\text{Apl,horiz}}$	Spotřeba vzduchu válce aplikátoru lepidla, horiz. pohyb	$[l \cdot s^{-1}]$
$V_{\text{Apl,vert}}$	Objem válce aplikátoru lepidla, vertikální pohyb	[l]
$t_{\text{Apl,vert}}$	Čas pro dosažení polohy aplikátoru lepidla, vert. pohyb	[s]
$Q_{\text{Apl,vert}}$	Spotřeba vzduchu válce aplikátoru lepidla, vert. pohyb	$[l \cdot s^{-1}]$
V_{DSM}	Objem vzduchu válce dna kanálku	[l]
t_{DSM}	Čas pro dosažení polohy dna kanálku	[s]
Q_{DSM}	Spotřeba vzduchu válce dna kanálku	$[l \cdot s^{-1}]$

ÚVOD

Balička rolí sáčků na odpad slouží k nepřetržitému mechanickému obalování (etiketování) různých rozměrů rolí sáčků na odpad. Balicí zařízení se v dnešní době využívají prakticky všude, kde je vyrobený materiál potřeba např. zajistit proti rozbalení, ochránit před poškozením, manipulovat s více kusy najednou, prodloužit trvanlivost, apod.

Do zásobníku baličky se vloží již smotané role bez zajištění proti rozmotání. Po proběhnutí pracovního procesu balení získáme obalenou a zalepenou roli sáčků na odpad. Balicí stroj je zařazen na konec výrobního procesu, jeho výsledkem je konečný výrobek připravený k expedici.

Mechanické části balicího zařízení jsou poháněny pneumatickými pohony, které zajišťují přesné a rychlé polohování pro co nejvyšší rychlost balení. K manipulaci s papírovými obaly stroj využívá vakuového systému. Pevné zalepení obalů zajišťuje aplikátor tavného lepidla. Zařízení je opatřeno nastavitelnými díly pro balení rolí se zadaným rozsahem rozměrů.

CÍLE PRÁCE

V rámci splnění zadání diplomové práce jsem si stanovil tyto cíle:

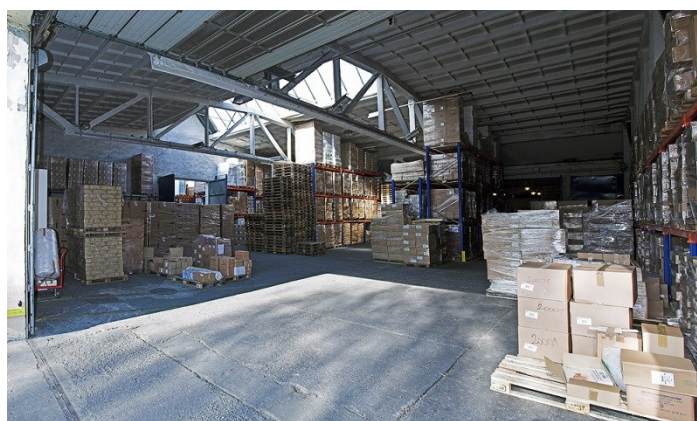
1. Přehled balicí techniky
2. Přehled lineárních pohonů
3. Konstrukční návrh baličky rolí sáčků na odpad
4. Výpočet kinematiky pohonů
5. Návrh pneumatiky balicího stroje
6. Pevnostní kontrola nosných prvků
7. Finanční odhad

1. ZADAVATEL DIPLOMOVÉ PRÁCE



Obr.1.1 - Logo firmy VIPOR v.o.s. [13]

Zadavatelem mé diplomové práce je firma VIPOR v.o.s. (Obr.1.1), která působí na českém trhu od roku 1993 (Obr.1.2). Firma se soustředí na výrobu obalového a spotřebního materiálu např. sáčky, tašky, fólie, pytle, atd. Dále společnost nabízí možnost reklamního potisku obalových materiálů [14].



Obr.1.2 - Skladovací prostory firmy VIPOR v.o.s. [14]

Balící servis pro firmu VIPOR zajišťuje „chráněná dílna“ VIPOBAL spol. s.r.o. a právě pro tuto dílnu si společnost vyžádala návrh baličky rolí sáčků na odpad.

Pan doc. Ing. Jiří Havlík, Ph.D. již dříve zpracoval návrh dřevěného modelu balicího zařízení, na kterém byla metoda balení odzkoušena (Obr.1.3).



Obr.1.3 - Model balicího zařízení

2. PŘEHLED BALÍCÍ TECHNIKY

Balička rolí sáčků na odpad je natolik úzce zaměřené strojní zařízení, že ho ve větší míře žádná firma nevyrábí. Každá společnost vyrábějící sáčky na odpad si obalování rolí řeší vlastním způsobem. Z tohoto důvodu zde nemohu předložit přehled různých variant řešení.

Rozhodl jsem se proto sestavit všeobecný přehled balicí techniky a způsobu, jakým lze v současné době obalovat materiály různého množství, velikosti, tvaru, atd.

Jedním z faktorů, ovlivňující způsob balení a tím i typy balicí techniky je průmyslové odvětví.

Balicí stroje se vyrábějí pro:

- potravinářský průmysl,
- papírenský a tiskařský průmysl,
- dřevařský průmysl,
- strojírenský průmysl,
- farmacie a drogerie,
- automobilový průmysl,
- a další.

Podle způsobu balení se může balicí technika rozdělit do několika skupin.

2.1. Stroje pro balení do teplem smrštitelné fólie

Používají se pro balení většího množství zboží (cukrářské výroby, krabičky s drogistickým zbožím, svíčky, léky, lékařské pomůcky, potraviny, atd.) nebo jednotlivé balení produktů (hry, kosmetika, stavebnice, kancelářské potřeby, balení časopisů, balení knih, atd.). Balené zboží se vloží do polorukávu fólie a přesune do prostoru smršťovací komory, kde se automaticky za pomoci tepla fólie smrští okolo baleného zboží (Obr.2.1) [15].



Obr.2.1 - Stroje pro balení do teplem smrštitelné fólie [15]

2.2. Horizontální stroje

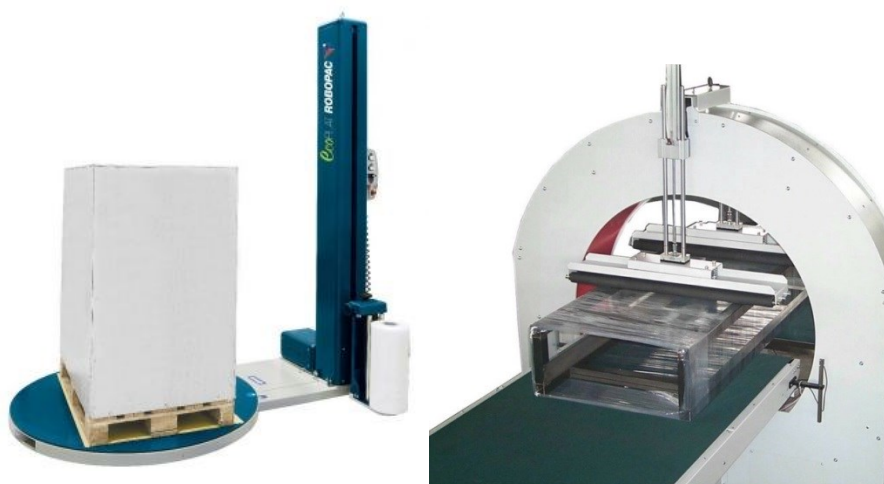
Stroje pro balení do ploché fólie, kde je sáček tvořen jedním podélným a dvěma příčnými bočními svary (sušenky, časopisy, průmyslové výrobky, atd.) (Obr.2.2) [16].



Obr.2.2 - Horizontální stroje [16]

2.3. Ovinovací stroje

Jsou to stroje určené k ovinování materiálů do průtažné polyethylenové fólie. Mohou být konstruovány jako vertikální (balení palet, krabic, pytlů, atd.) nebo jako horizontální (balení materiálů nadměrných délek). Balený materiál se buďto otáčí kolem své osy a nabaluje na sebe fólii, nebo je umístěn uprostřed prstence, ve kterém obíhá dávkovač fólie (Obr.2.3) [17].



Obr.2.3 - Ovinovací stroje [17][18]

2.4. Lepící stroje

Lepící stroje slouží k zalepování klop a dna kartonů přílnavou lepicí páskou. Stroje mají horní nebo spodní lepící hlavy a pásový nebo integrovaný válečkový dopravník (Obr.2.4) [19].



Obr.2.4 - Lepící stroje [19]

2.5. Páskovací stroje

Tyto stroje jsou určeny pro přepáskování zboží pomocí polypropylenové, polyesterové, papírové nebo ocelové pásky (Obr.2.5) [20].



Obr.2.5 - Páskovací stroje [21]

2.6. Vakuové stroje

Slouží k balení výrobků do hotových vakuových sáčků. Tento typ balení umožňuje jak ochranu před vnějšími vlivy a mechanickým poškozením, tak i případné prodloužení trvanlivosti buď pouhým vakuováním, nebo vakuováním s následným přidáním modifikované atmosféry (Obr.2.6) [22].



Obr.2.6 - Vakuové balicí stroje [22]

2.7. Stroje pro balení do misek

Balení výrobků do misek umožňuje vakuování a nadávkování inertního plynu k prodloužení trvanlivosti nebo k ochraně výrobku před okolním prostředím (maso, uzeniny, hotová jídla, pekařské výrobky, sendviče, bagety, saláty, ale i technické a další výrobky umístěné v miskách) (Obr.2.7) [23].



Obr.2.7 – Stroje pro balení do misek [23]

3. PŘEHLED PŘÍMOČARÝCH POHONŮ

Pro zajištění rychlých a přesných pohybů mechanických částí balicího zařízení bylo výhodné použít přímočarých pohonů. Na trhu se však vyskytuje mnoho různých variant řešení těchto pohonů od různých výrobců, které mívají odlišnou konstrukci, a pro přeměnu v přímočarý pohyb využívají odlišný druh energie. Z toho důvodu zde uvádím přehled typů přímočarých pohonů, ze kterých jsem při návrh mohl volit.

3.1. Elektrické lineární šroubové pohony

Přímočarý pohyb zajišťuje pohybový šroub poháněný elektromotorem. Používají se pro vyšší výkony a mívají větší rozměry (Obr.3.1).



Obr.3.1 - Elektrické lineární šroubové pohony [24]

3.2. Elektrické válce s lineárním elektromotorem

Podobně jako v předchozím případě, tyto pohony bývají zpravidla menších rozměrů, ovšem mívají menší výkon (Obr.3.2).



Obr.3.2 - Elektrické válce s lineárním elektromotorem [25]

3.3. Elektrické přímočaré řemenové pohony

K přímočarému pohybu saní využívají řemenové převody s ozubeným řemenem. Převod je poháněn elektromotorem. Oproti pneumatickým bývají tišší, ale mívají větší rozměry (Obr.3.3).



Obr.3.3 - Elektrické přímočaré řemenové pohony [26]

3.4. Pneumatické bezpístnicové pohony

Jedná se o kompaktní lineární pohon s pevným vedením skládající se z vodící lišty, pojezdových saní, upevňovací lišty a nastavitelných dorazů. Výhodou jsou malé rozměry a vysoká únosnost (Obr.3.4).



Obr.3.4 - Pneumatické bezpístnicové pohony [27]

3.5. Pneumatické kompaktní válce

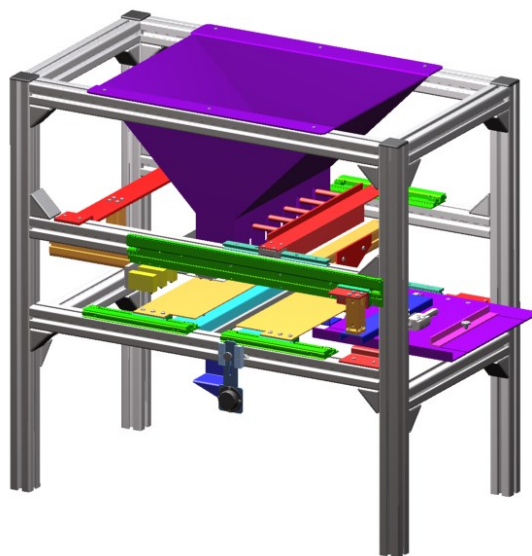
Klasické pneumatické válec vytvářející přímočarý pohyb. Nejčastěji používané pneumatické pohony. Vyrábějí se s velkým rozsahem délek zdvihu (Obr.3.5).



Obr.3.5 - Pneumatické kompaktní válce [28]

4. KONSTRUKČNÍ NÁVRH BALIČKY ROLÍ SÁČKŮ NA ODPAD

Při návrhu balicího stroje jsem vycházel z konstrukce dřevěného modelu, z prostudovaných řešení podobných zařízení a dále z vlastních poznatků, získaných působením v automatizovaném provozu. Mou snahou bylo zachovat co možná nejmenší rozměry zařízení z důvodu úspory místa na pracovišti, zajistit jednoduché a přesné pohyby jednotlivých polohovacích zařízení, a v neposlední řadě maximálně využít pro pohony balicího stroje pneumatické energie, která je na pracovišti dostupná (Obr.4.1).



Obr.4.1 – Balička rolí sáčků na odpad

4.1. Rám balicího stroje

Rám zařízení jsem se rozhodl sestavit s montážních profilů z důvodů jejich přesnosti, vysoké tuhosti, rychlé a jednoduché montáže, a případně i demontáže. Připravený rám je znázorněn na Obr.4.2.



Obr.4.2 – Rám baličky

4.1.1. Popis částí

Pro konstrukci rámu jsem použil stavebnicové systémy ITEM MB, skládající se z profilů velikosti 8 a přípojovacích komponentů (Obr.4.3).



Profil 8 40x40

Al, PÚ: eloxování

$A = 9,16 \text{ cm}^2$ $I = 13,96 \text{ cm}^4$

$I_t = 1,93 \text{ cm}^4$

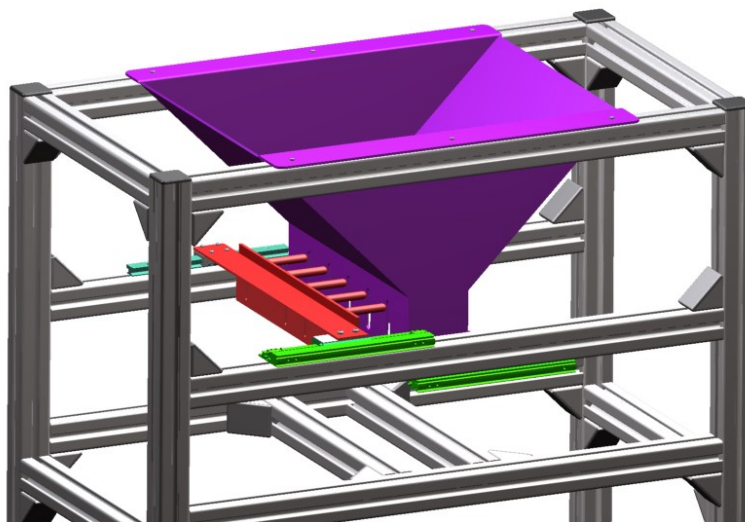
$m = 2,47 \text{ kg/m}$ $W = 6,98 \text{ cm}^3$

přírodní odstín, průřez max. 6 000 mm

Obr.4.3 – Technické parametry profilu [5]

4.2. Zásobník rolí

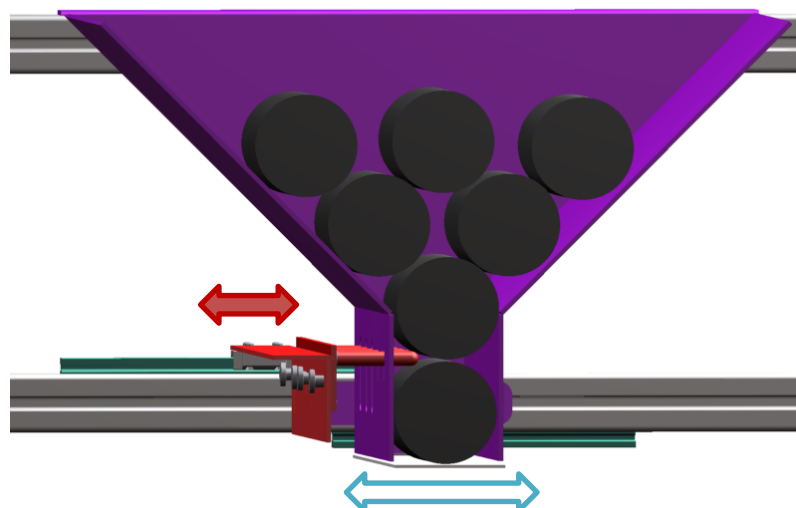
V horní části rámu je umístěn zásobník rolí sáčků na odpad, jehož součástí je dělič rolí a uzávěr zásobníku (Obr.4.4).



Obr.4.4 – Zásobník rolí

4.2.1 Popis funkce zásobníku rolí

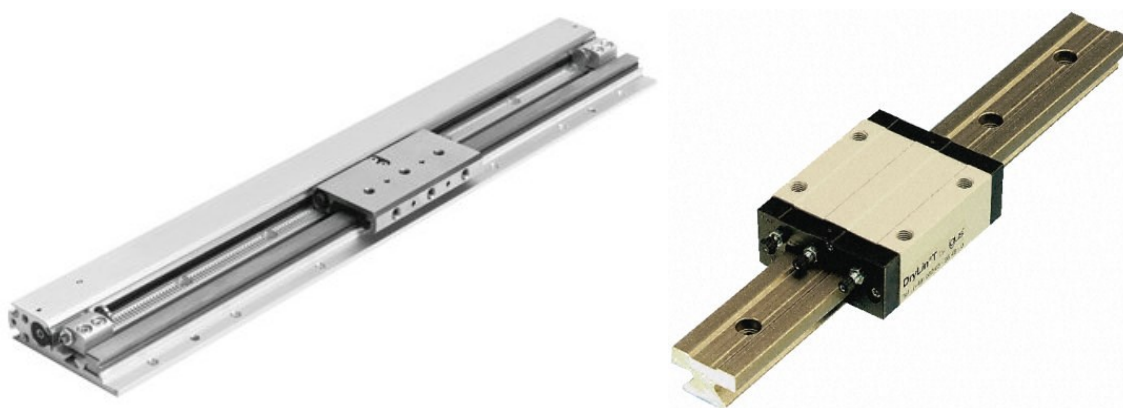
Zásobník rolí zajišťuje plynulé dodávání rolí do spodní části balícího stroje. Uvnitř zásobníku je nejprve jedna role děličem oddělena od ostatních a až poté dojde k otevření zásobníku (Obr.4.5). Tímto způsobem nemůže dojít k vypadnutí více rolí najednou. Dělič je konstruován jako výškově nastavitelný z důvodu různé velikosti průměru rolí.



Obr.4.5 – Funkce zásobníku rolí

4.2.2. Popis pohonů děliče a uzávěru zásobníku

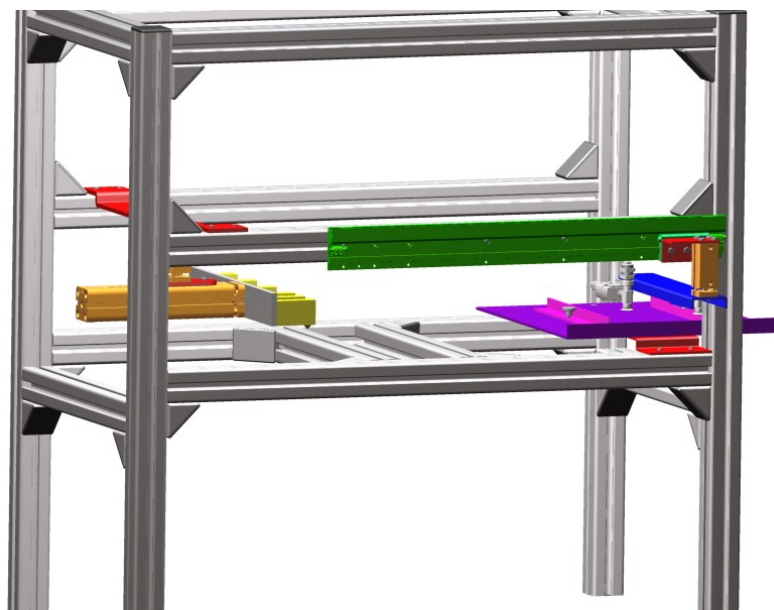
Pro pohon děliče rolí i uzávěru zásobníku je na jednom konci použit pneumatický přímočarý pohon FESTO SLG, na druhém pak lineární vedení IGUS DryLin T (Obr.4.6).



Obr.4.6 – Přímocharý pohon FESTO SLG [27] a lineární vedení IGUD DryLin T [6]

4.3. Zásobník obalů, podavač obalů a aplikátor lepidla

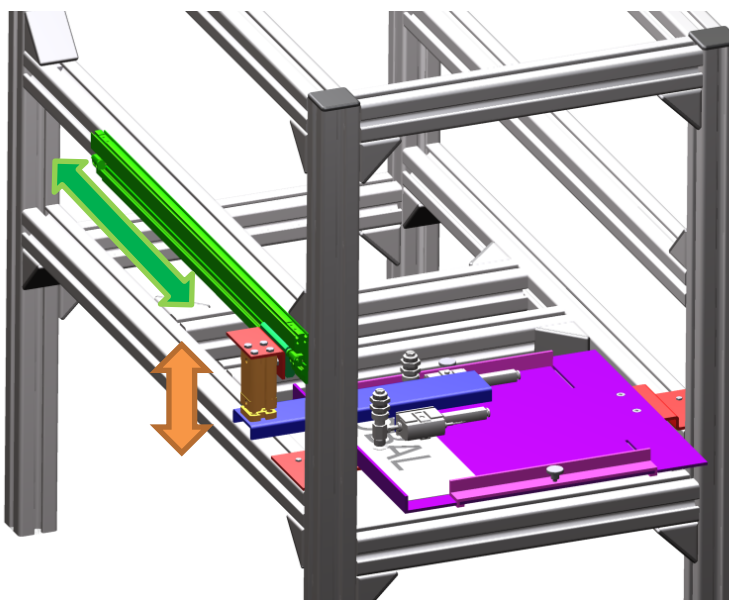
V prostřední části rámu je umístěn zásobník obalů s podavačem obalů a aplikátor lepidla (Obr.4.7).



Obr.4.7 – Zásobník obalů, podavač obalů a aplikátor lepidla

4.3.1. Popis funkce zásobníku s podávčem obalů a aplikátoru lepidla

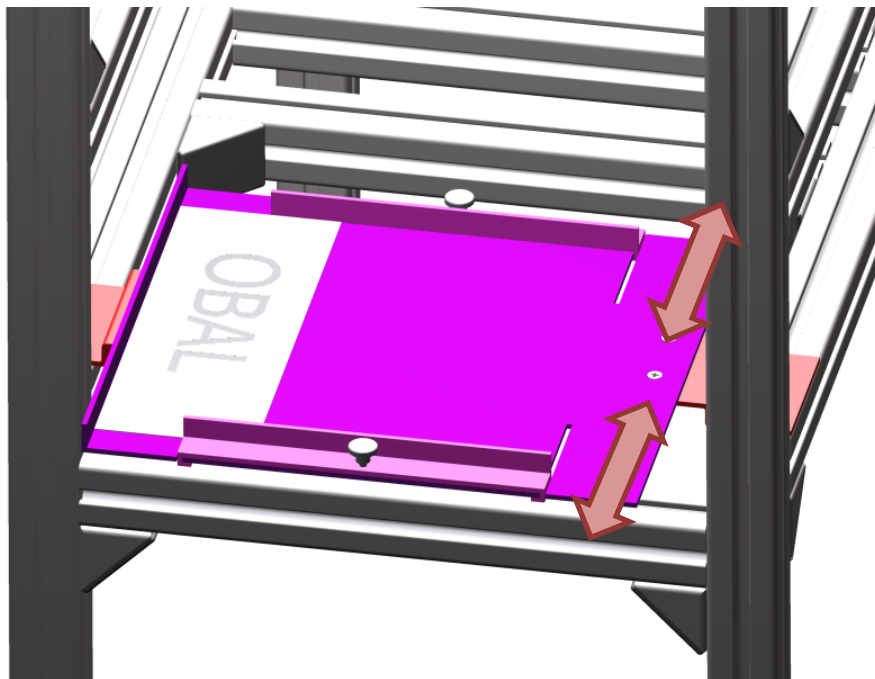
Zásobníkem obalů nazýváme místo, odkud podavač odebírá papírové obaly pro následující balení. Podavač obalu zajišťuje pomocí vakuového systému pravidelný přenos obalu na desky balicího stolu (Obr.4.8). Aplikátor lepidla slouží k přesnému bodovému nanášení tavného lepidla na papírový obal rolí.



Obr.4.8 – Funkce vakuového systému a podavače lepidla

4.3.2. Popis částí zásobníku s podavačem obalů a aplikátoru lepidla

Zásobník obalů je opatřen nastavitelnými okrajovými lištami, s jejichž pomocí lze umístit štos obalů do definované polohy (Obr.4.9).

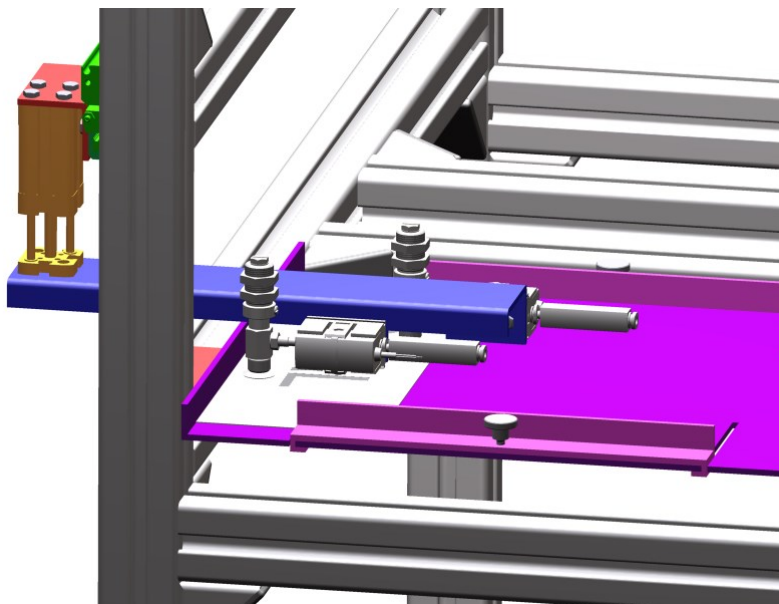


Obr.4.9 – Zásobník obalů s nastavitelnými lištami

Podávач obalů je složen z pneumatického přímočarého pohonu FESTO SLG, zajišťující horizontální přesun obalu od zásobníku obalů k balicímu stolu. Dále z pneumatického kompaktního válce FESTO ADNGF, který zvedá a spouští uchopený obal (Obr.4.10), a vakuového systému sloužícího k uchopení papírového obalu (Obr.4.11).



Obr.4.10 – Pneumatický kompaktní válec FESTO ADNGF [28]



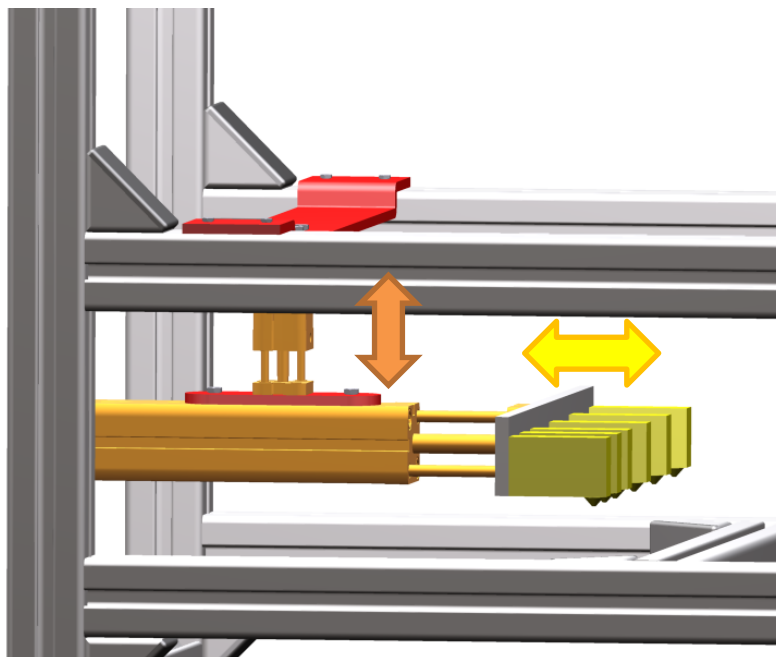
Obr.4.11 – Vakuový systém FESTO

Vakuový systém se skládá ze dvou sad, obsahujících vakuový ejektor FESTO VN, tlakový spínač FESTO SDE5 a přísavku FESTO ESG (Obr.4.12).



Obr.4.12 – FESTO vakuový ejektor VN [10], tlakový spínač SDE5 [11] a přísavka ESG [12]

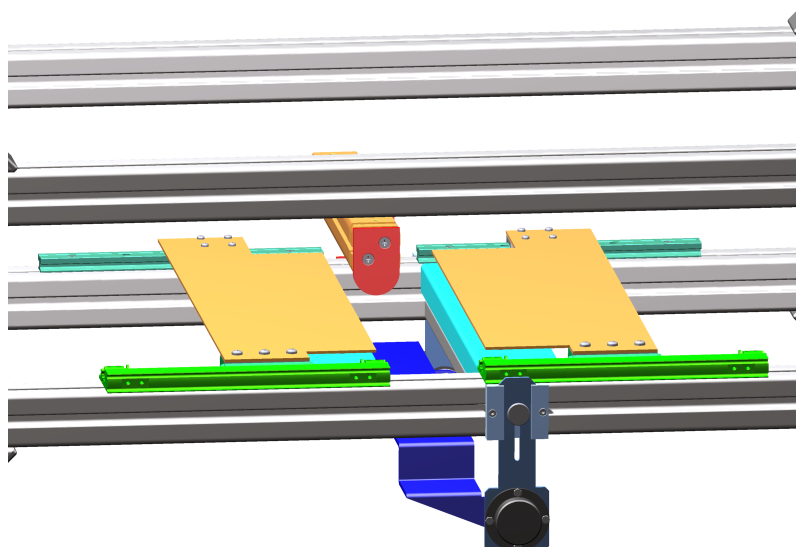
Aplikátor lepidla je sestaven ze dvou pneumatických kompaktních válců FESTO ADNGF (Obr.4.13), zajišťující horizontální a vertikální pohyb nanášecích trysek tavného lepidla.



Obr.4.13 – Funkce aplikátoru lepidla

4.4. Balící stůl

Ve spodní části rámu je umístěn balící stůl, skládající se ze dvou pohyblivých desek, kanálku, otevíratelného dna kanálku a dorazu (Obr.4.14).

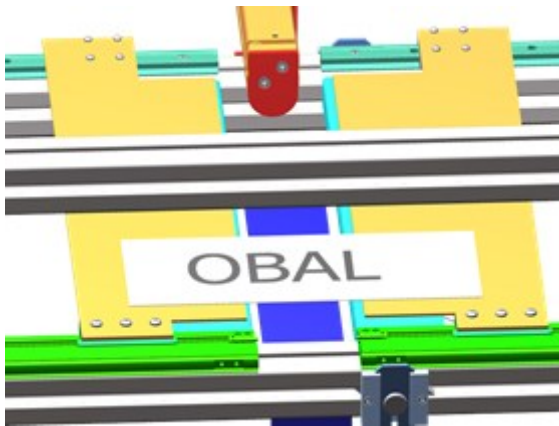


Obr.4.14 – Balící stůl

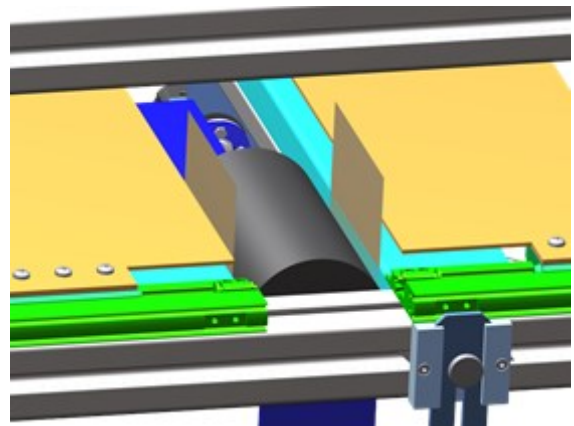
4.4.1. Popis funkce balícího stolu

Obal nesený podavačem se umístí na rozevřené pohyblivé desky (Obr.4.15). Po otevření zásobníku rolí dojde k pádu role do kanálu balícího stolu (viz. 4.2.). Tím se papírový obal částečně obtočí kolem role a zůstane usazen v kanálku (Obr.4.16). V následujícím kroku doraz dotlačí roli do krajní polohy (Obr.4.17). Vysunutím první

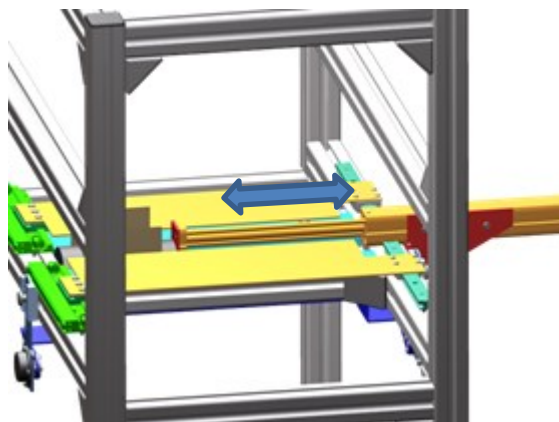
pohyblivé desky dojde k obtočení jedné strany obalu kolem role (Obr.4.18) a po nanesení lepidla (Obr.4.19) druhá pohyblivá deska obtočí stejným způsobem i druhou stranu obalu, čímž dojde k zabalení role (Obr.4.20). Obě pohyblivé desky zůstanou ve vysunuté poloze po dobu tvrdnutí tavného lepidla. Po vytvrdnutí dojde k otevření dna kanálku balícího stolu (Obr.4.20) a již zabalená role vypadne do prostoru pod balícím stolem. Všechny ostatní části se vrátí do původní polohy.



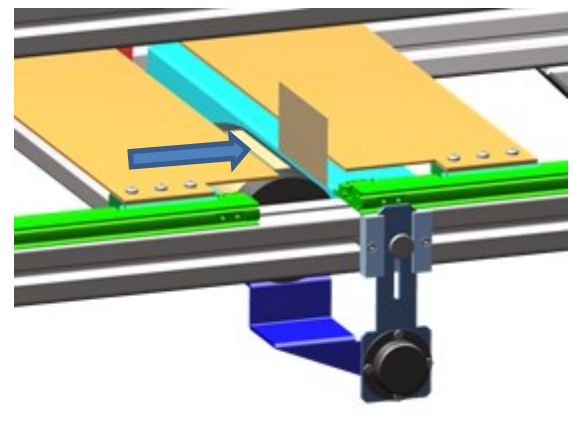
Obr.4.15 - Rozevřené pohyblivé desky



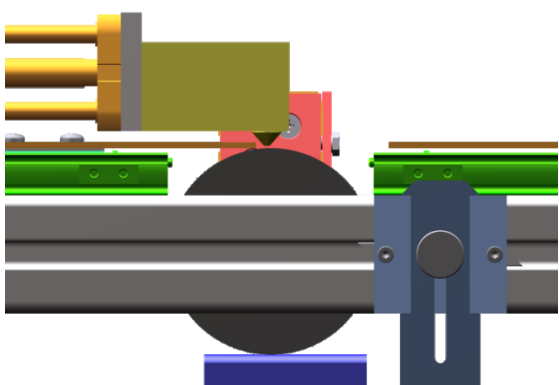
Obr.4.16 - Role částečně obtočená obalem



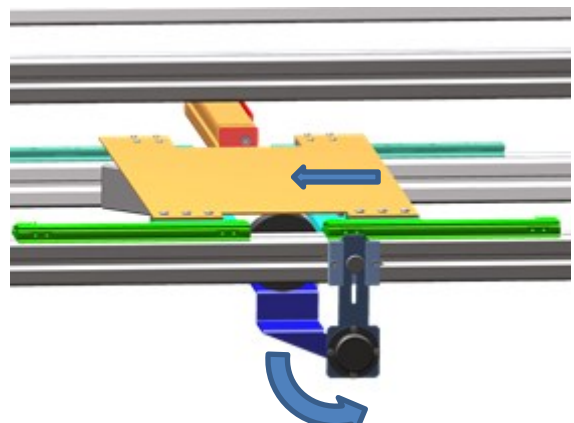
Obr.4.17 - Vysunutí dorazu stolu



Obr.4.18 - Obtočení jedné strany obalu kolem role



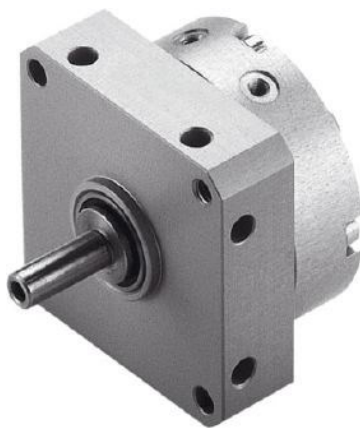
Obr.4.19 - Nanesení tavného lepidla



Obr.4.20 - Otevření dna kanálku

4.4.2. Popis částí balicího stolu

Pohyblivé desky jsou poháněny pneumatickými přímočarými pohony FESTO SLG a lineárním vedením IGUS DryLin T podobně jako u zásobníku rolí (viz 4.2.) (Obr.4.6). Kanálkem nazýváme prostor mezi dvěma profily pod pohyblivými deskami. Po jeho stranách jsou upevněny nastavitelné lišty pro změnu šířky kanálku z důvodů různého průměru rolí. Doraz je umístěn podélně s kanálkem a je tvořen pneumatickým kompaktním válcem FESTO ADNFG (Obr.4.10). Otvíratelné dno kanálku je poháněno pneumatickým kyvným pohonem FESTO DSM (Obr.4.21). Pro změnu hloubky kanálku je otevíratelné dno výškově nastavitelné.



Obr.4.21 - Kyvný pohon FESTO DSM [9]

5. TECHNICKÉ PARAMETRY PNEUMATICKÝCH POHONŮ

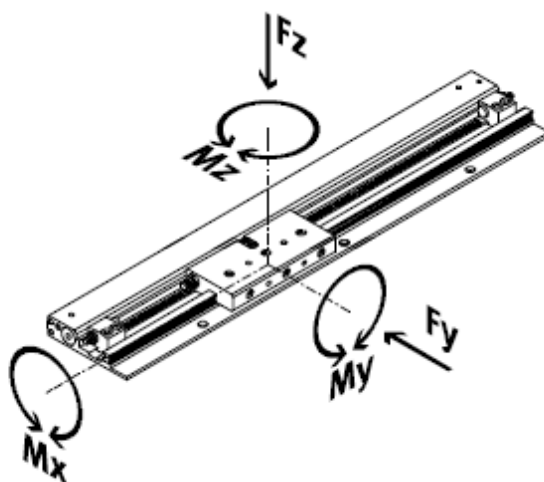
Pneumatické pohony převádějí tlakovou energii na energii kinetickou. Tento proces obsahuje přenos sil.

Pro správný návrh zařízení jsem z katalogů výrobců získal technické parametry a vlastnosti jednotlivých pohonů. U vybraných pohonů je zobrazen silový rozbor zatížení.

5.1. Pohon děliče zásobníku rolí

Přímočarý pohon FESTO SLG-8-100-P-A

Průměr pístu:	$D_{SLG8} = 8 \text{ mm}$
Zdvih:	$h_{SLG8} = 100 \text{ mm}$
Maximální rychlost:	$v_{SLG8} = 1 \text{ m/s}$
Provozní tlak:	$p_{SLG8} = 0,25 \div 0,8 \text{ MPa}$
Teoretická síla při $p_{SLG8} = 0,6 \text{ MPa}$:	$F_{SLG8} = 30 \text{ N}$
Maximální síla působící vertikálně na saně:	$F_{z \max, SLG8} = 255 \text{ N}$



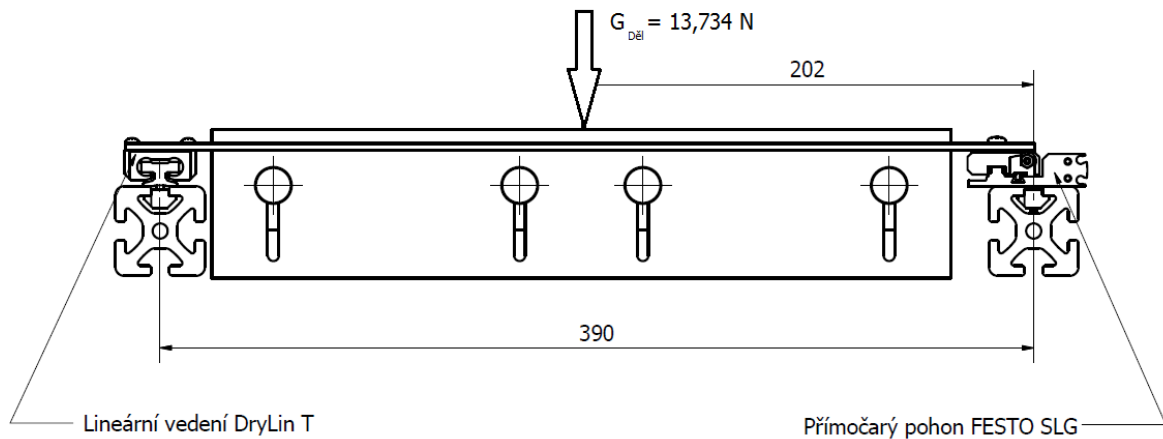
Obr.5.1 – Schéma zatížení přímočarého pohonu SLG [7]

Lineární vedení DryLin T

Kolejnice:	TS-04-15
Hmotnost kolejnice:	$m_{kl} = 70 \text{ g}$
Délka kolejnice:	$l_k = 207 \text{ mm}$
Pojezdový vozík:	TW-04-15
Hmotnost pojezdového vozíku:	$m_{vz} = 61 \text{ g}$

Tíha děliče rolí $G_{Děl}$ se rozloží na dvě složky.

$$F_{z,SLG8} = \frac{G_{Děl}}{2} = \frac{13,737}{2} = 6,867 \text{ N} \leq F_{z \max,SLG8} = 255 \text{ N} \quad (5.1)$$



Obr.5.2 – Schéma působení sil děliče na přímočarý pohon a lineární vedení

5.2. Pohon dna zásobníku rolí

Přímočarý pohon FESTO SLG-8-100-P-A

Průměr pístu:	$D_{SLG8} = 8 \text{ mm}$
Zdvih:	$h_{SLG8} = 100 \text{ mm}$
Maximální rychlost:	$v_{SLG8} = 1 \text{ m/s}$
Provozní tlak:	$p_{SLG8} = 0,25 \div 0,8 \text{ MPa}$
Teoretická síla při $p_{SLG8} = 0,6 \text{ MPa}$:	$F_{SLG8} = 30 \text{ N}$
Maximální síla působící vertikálně na saně:	$F_{z \max,SLG8} = 255 \text{ N}$

Lineární vedení DryLin T

Kolejnice:	TS-04-15
Hmotnost kolejnice:	$m_{kl} = 70 \text{ g}$
Délka kolejnice:	$l_k = 207 \text{ mm}$
Pojezdový vozík:	TW-04-15
Hmotnost pojezdového vozíku:	$m_{vz} = 61 \text{ g}$

Dno zásobníku je poháněno naprosto stejným způsobem jako dělič rolí, ale má podstatně nižší hmotnost (viz. 5.1.), z tohoto důvodu zde výpočet zatížení neuvádím.

5.3. Pohon podavače obalů

Vakuový systém FESTO

Vakuový ejektor VN-05-M-I2-PQ1-VT1

Šírka tělesa:	$b_{ej} = 10 \text{ mm}$
Jmenovitá světlost Lavalovy trysky:	$D_n = 0,45 \text{ mm}$
Provozní tlak:	$p_{ej} = 0,1 \div 0,8 \text{ MPa}$

Tlakový spínač SDE5-D10-FP-Q4-P-K

Přísavka ESG-15-SN-HD-PK

Průměr přísavky:	$D_{př} = 15 \text{ mm}$
------------------	--------------------------

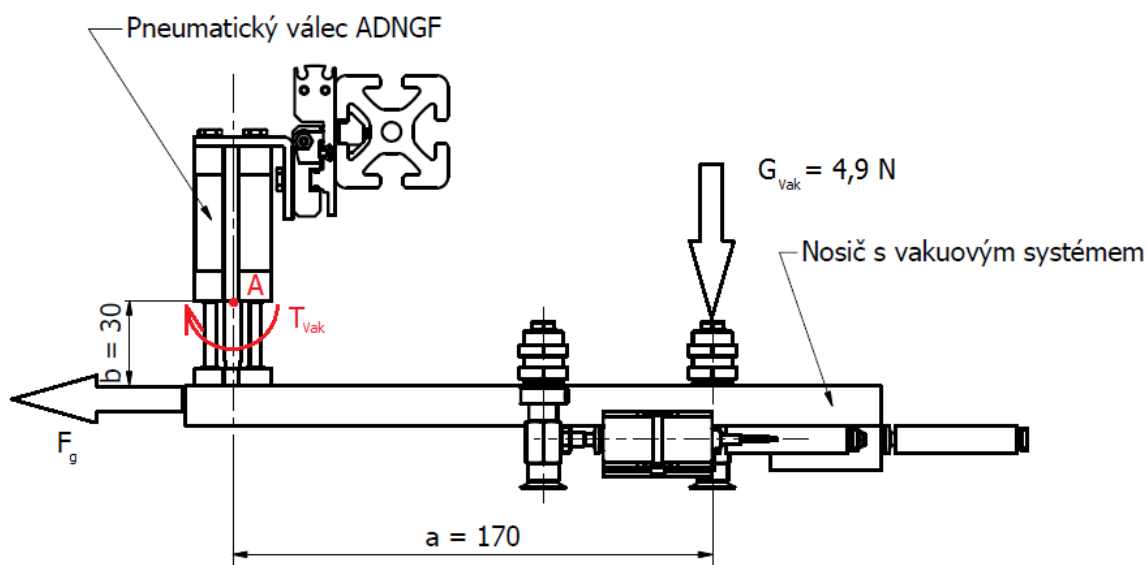
Kompaktní válec FESTO ADNGF-12-20-P-A

Průměr pístu:	$D_{ADNGF12} = 12 \text{ mm}$
Zdvih:	$h_{ADNGF12} = 20 \text{ mm}$
Provozní tlak:	$p_{ADNGF12} = 0,15 \div 1 \text{ MPa}$
Teoretická síla při $p_{ADNGF12} = 0,6 \text{ MPa}$:	
- pohyb vpřed:	$F_{ADNGF12, vp} = 68 \text{ N}$
- pohyb vzad:	$F_{ADNGF12, vz} = 51 \text{ N}$
Hmotnost:	$m_{ADBGF12} = 118 \text{ g}$

Hmotnost nosiče a vakuového systému vytváří v bodě A moment T_{Vak} , z něhož lze spočítat příčnou sílu $F_{g, ADNGF12}$ (Obr.5.3). Hodnotu dovolené příčné síly $F_{g \max, ADNGF12}$ jsem získal pomocí diagramu z katalogu výrobce (Obr.5.4).

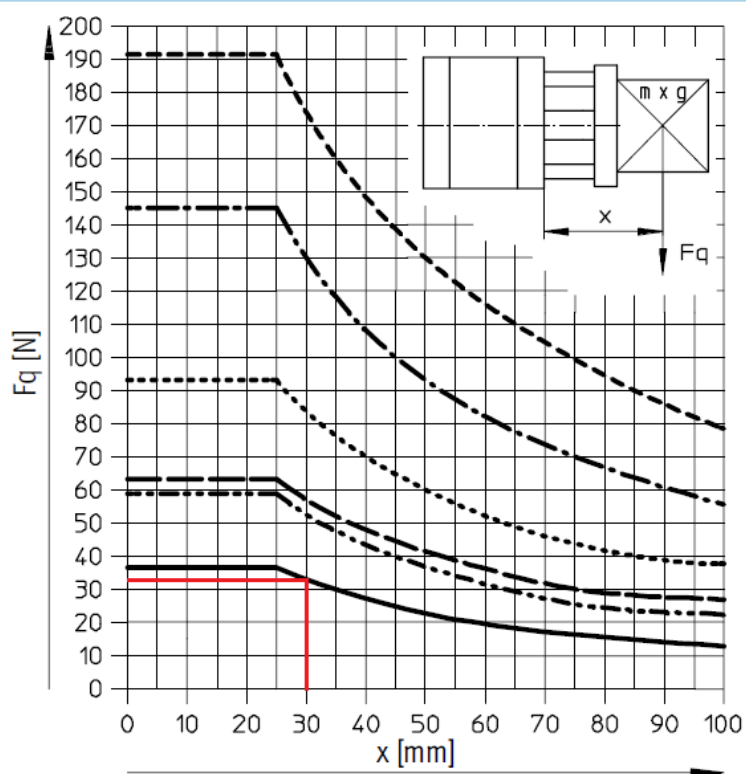
$$T_{Vak} = G_{Vak} \cdot a = 4,9 \cdot 170 = 833,85 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (5.2)$$

$$F_{g, ADNGF12} = \frac{T_{Vak}}{b} = \frac{833,85}{30} = 27,8 \text{ N} \leq F_{g \max, ADNGF12} \cong 32 \text{ N} \quad (5.3)$$



Obr.5.3 – Schéma sil působících na kompaktní válec ADNGF

Max. příčná síla F_q v závislosti na vyložení x

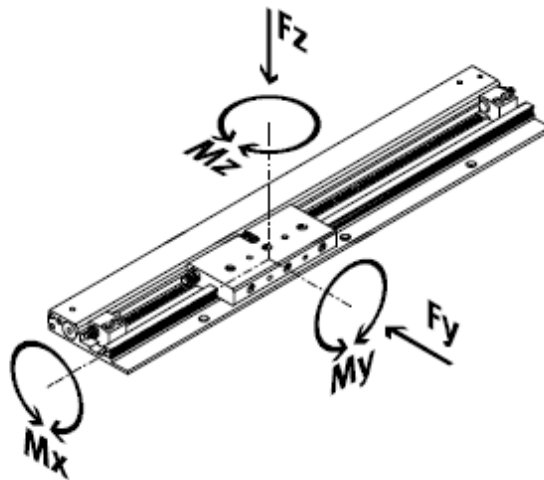


— $\varnothing 12/16$

Obr.5.4 – Diagram závislosti příčné síly na vyložení [8]

Přímočarý pohon FESTO SLG-8-400-P-A

Průměr pístu:	$D_{SLG8} = 8 \text{ mm}$
Zdvih:	$h_{SLG8-400} = 400 \text{ mm}$
Maximální rychlost:	$v_{SLG8} = 1 \text{ m/s}$
Provozní tlak:	$p_{SLG8} = 0,25 \div 0,8 \text{ MPa}$
Teoretická síla při $p_{SLG8} = 0,6 \text{ MPa}$:	$F_{SLG8} = 30 \text{ N}$
Maximální síla působící horizontálně na saně:	$F_{y \max, SLG8} = 255 \text{ N}$
Maximální točivý moment okolo osy x:	$T_{x \max} (M_{x \max}) = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$

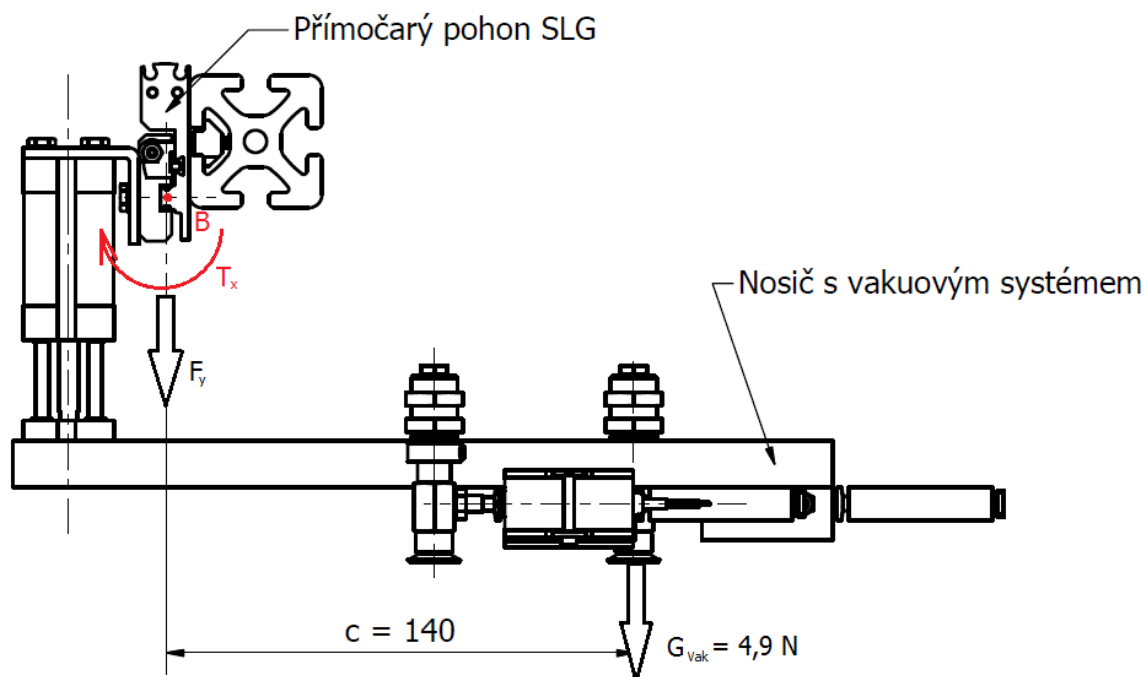


Obr.5.5 - Schéma zatížení přímočarého pohonu SLG [7]

Nosič vakuového systému působí na saně přímočarého pohonu horizontální příčnou silou $F_{y,SLG8}$ a dále točivým momentem T_x (Obr.5.6).

$$F_y = 7,36 \text{ N} \leq F_{y, \max} = 255 \text{ N} \quad (5.4)$$

$$T_x = G_{Vak} \cdot c = 4,9 \cdot 140 = 686 \text{ N} \cdot \text{mm} \leq T_{x \max} = 1\,000 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (5.5)$$



Obr.5.6 – Schéma sil působících na přímočarý pohon SLG

Pokud na pohon působí více sil a momentů současně, musí být kromě uvedených maximálních hodnot zatížení dodržena ještě následující rovnice.

$$\frac{F_y}{F_{y \max, SLG8}} + \frac{T_x}{T_{x \max}} \leq 1 \quad (5.6)$$

$$\frac{7,36}{255} + \frac{686}{1000} = 0,02 \leq 1$$

5.4. Pohon dorazu stolu

Kompaktní válec FESTO ADNGF-20-200-P-A

Průměr pístu: $D_{ADNGF20} = 20 \text{ mm}$

Zdvih: $h_{ADNGF20} = 200 \text{ mm}$

Provozní tlak: $p_{ADNGF20} = 0,15 \div 1 \text{ MPa}$

Teoretická síla při $p_{ADNGF20} = 0,6 \text{ MPa}$:

- pohyb vpřed: $F_{ADNGF20, vp} = 118 \text{ N}$

- pohyb vzad: $F_{ADNGF20, vz} = 141 \text{ N}$

Hmotnost: $m_{ADNGF20} = 681 \text{ g}$

Pohon dorazu stolu slouží pouze k dotlačení obalované role do definované polohy a je k němu upevněn jen doraz o minimální hmotnosti, proto zde výpočet zatížení neuvádím.

5.5. Pohon desek stolu

Přímočarý pohon FESTO SLG-8-100-P-A

Průměr pístu:	$D_{SLG8} = 8 \text{ mm}$
Zdvih:	$h_{SLG8} = 100 \text{ mm}$
Maximální rychlost:	$v_{SLG8} = 1 \text{ m/s}$
Provozní tlak:	$p_{SLG8} = 0,25 \div 0,8 \text{ MPa}$
Teoretická síla při $p_{SLG8} = 0,6 \text{ MPa}$:	$F_{SLG8} = 30 \text{ N}$
Maximální síla působící vertikálně na saně:	$F_{z \max, SLG8} = 255 \text{ N}$

Lineární vedení DryLin T

Kolejnice:	TS-04-15
Hmotnost kolejnice:	$m_{kl} = 70 \text{ g}$
Délka kolejnice:	$l_k = 207 \text{ mm}$
Pojezdový vozík:	TW-04-15
Hmotnost pojezdového vozíku:	$m_{vz} = 61 \text{ g}$

Obě desky stolu jsou poháněny stejným způsobem jako dělič rolí, mají však podstatně menší hmotnost podobně jako v případě dna zásobníku (viz. 5.1.). Kontrola zatížení není nutná.

5.6. Pohon aplikátoru lepidla

Kompaktní válec FESTO ADNGF-12-20-P-A

Průměr pístu:	$D_{ADNGF12} = 12 \text{ mm}$
Zdvih:	$h_{ADNGF12} = 20 \text{ mm}$
Provozní tlak:	$p_{ADNGF12} = 0,15 \div 1 \text{ MPa}$
Teoretická síla při $p_{ADNGF12} = 0,6 \text{ MPa}$:	
- pohyb vpřed:	$F_{ADNGF12, vp} = 68 \text{ N}$
- pohyb vzad:	$F_{ADNGF12, vz} = 51 \text{ N}$
Hmotnost:	$m_{ADNGF12} = 118 \text{ g}$

Kompaktní válec FESTO ADNGF-25-150-P-A

Průměr pístu: $D_{ADNGF25} = 25 \text{ mm}$

Zdvih: $h_{ADNGF25} = 150 \text{ mm}$

Provozní tlak: $p_{ADNGF25} = 0,1 \div 1 \text{ MPa}$

Teoretická síla při $p_{ADNGF25} = 0,6 \text{ MPa}$:

- pohyb vpřed: $F_{ADNGF25, vp} = 295 \text{ N}$

- pohyb vzad: $F_{ADNGF25, vz} = 247 \text{ N}$

Hmotnost: $m_{ADNGF25} = 611 \text{ g}$

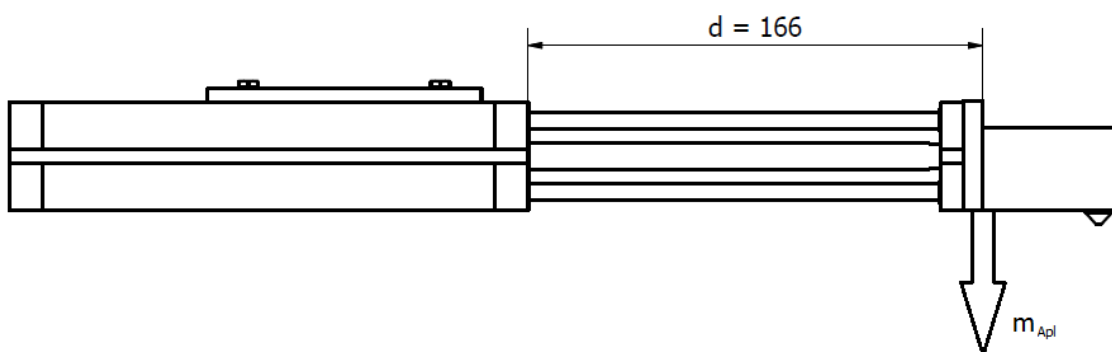
Vzhledem k tomu, že konkrétní návrh nanášecího zařízení tavného lepidla nebyl zadán, nemohu přesně určit jeho hmotnost. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl vypočítat maximální hmotnost, kterou je kompaktní pneumatický válec schopen unést.

Z diagramu získaného z katalogu výrobce jsem pro pneumatický kompaktní válec ADNGF-25-150-P-A získal extrapolací maximální hodnotu příčné síly $F_{g \text{ max}, ADNGF25}$ (Obr.5.8).

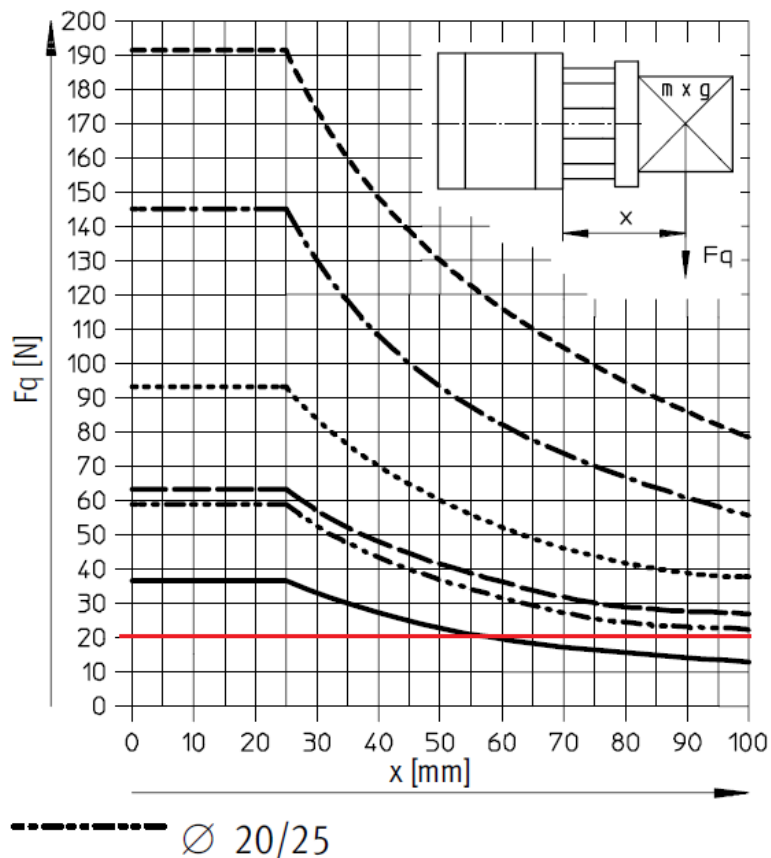
$$F_{g \text{ max}, ADNGF25} \cong 20 \text{ N}$$

$$m_{Apl} = \frac{F_{g \text{ max}, ADNGF25}}{g} = \frac{20}{9,81} = 2,04 \text{ kg} \quad (5.7)$$

Maximální hmotnost nanášecího zařízení je $m_{Apl} = 2,04 \text{ kg}$.



Obr.5.7 – Schéma zatížení kompaktního válce ADNGF

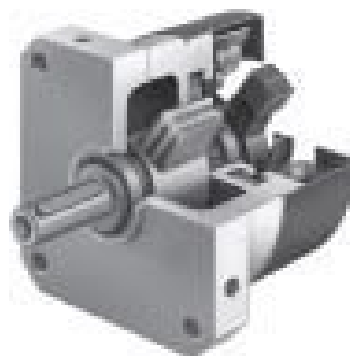
Max. příčná síla F_q v závislosti na vyložení x 

Obr.5.8 – Diagram závislosti příčné síly na vyložení [8]

5.7. Pohon dna kanálku

Kyvný pohon FESTO DSM-10-90-P-FW

Jsou to kompaktní kyvné moduly s potřebným úhlem kyvu. Pracují jako otočné válce s kyvným křídlem místo pístů (Obr.5.9).



Obr.5.9 - Kyvný pohon DSM [9]

Velikost:	$D_{\text{DSM}} = 10 \text{ mm}$
Úhel kyvu:	$\alpha = 90^\circ$
Provozní tlak:	$p_{\text{DSM}} = 0,25 \div 0,8 \text{ MPa}$
Frekvence kyvu při $p_{\text{DSM}} = 0,6 \text{ MPa}$:	$f = 3 \text{ Hz}$
Točivý moment při $p_{\text{DSM}} = 0,6 \text{ MPa}$:	$T_k = 0,85 \text{ N}\cdot\text{m}$
Objem válce:	$V_{\text{DSM}} = 5,5 \text{ cm}^3 = 0,0055 \text{ l}$
Hmotnost:	$m_{\text{DSM}} = 150 \text{ g}$

6. VÝPOČET KINEMATIKY POHONŮ

Pracovní postup balení rolí obsahuje velké množství mechanických pohybů, které musí být naplánovány tak, aby spolehlivě plnily svou funkci a nedocházelo mezi nimi ke kolizím. Zároveň by ale neměly zbytečně prodlužovat celkový pracovní proces. Z tohoto důvodu je výhodné, aby některé části procesu, u kterých je to možné, pracovaly souběžně.

Podmínkou, kterou jsem musel při návrhu dodržet, bylo balení $5 \text{ rolí} \cdot \text{min}^{-1}$. Pro přehlednost jsem vytvořil časový rozvrh pracovního procesu (Obr.6.3), díky kterému jsem mohl vypočítat teoretické rychlosti všech pohybů.

U přímočarých pohonů jsem rychlosti porovnal s doporučenými hodnotami získanými z katalogu výrobců.

Teoretické rychlosti:

Uvolňování a uzavírání děliče rolí:

$$v_{D\dot{e}l,T} = \frac{h_{D\dot{e}l}}{t_{D\dot{e}l,T}} = \frac{0,053}{0,15} = 0,265 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (6.1)$$

Doporučená rychlost pro $m = 1,4 \text{ kg}$ je $v_D = 0,38 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (Obr.6.1)

Otevírání a uzavírání zásobníku rolí:

$$v_{Z\acute{a}s,T} = \frac{h_{Z\acute{a}s}}{t_{Z\acute{a}s,T}} = \frac{0,075}{0,13} = 0,58 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (6.2)$$

Doporučená rychlost pro $m = 0,45 \text{ kg}$ je $v_D = 0,59 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (Obr.6.1)

Vertikální pohyb podavače obalů:

$$v_{Pod,vert,T} = \frac{h_{Pod,vert}}{t_{Pod,vert,T}} = \frac{0,02}{0,5} = 0,04 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (6.3)$$

Horizontální pohyb podavače obalů:

$$v_{Pod,horiz,T} = \frac{h_{Pod,horiz}}{t_{Pod,horiz,T}} = \frac{0,3405}{0,7} = 0,49 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (6.4)$$

Doporučená rychlost pro $m = 0,75 \text{ kg}$ je $v_D = 0,49 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (Obr.6.1)

Vysouvání a zasouvání dorazu stolu:

$$v_{Dor,T} = \frac{h_{Dor}}{t_{Dor,T}} = \frac{0,4}{1} = 0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (6.5)$$

Vysouvání a zasouvání obou desek stolu:

$$v_{Des,T} = \frac{h_{Des}}{t_{Des,T}} = \frac{0,045}{0,1} = 0,45 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (6.6)$$

Doporučená rychlost pro $m = 0,72 \text{ kg}$ je $v_D = 0,49 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (Obr6.1))

Horizontální pohyb aplikátoru lepidla:

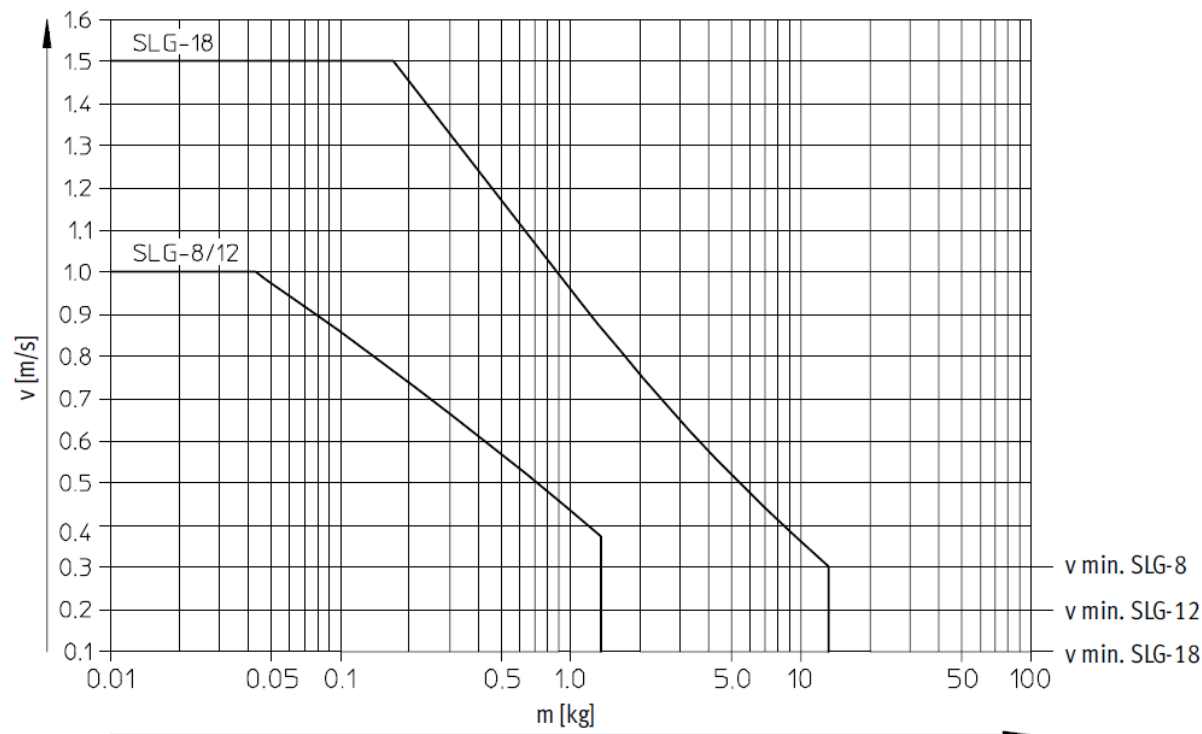
$$v_{Apl,horiz,T} = \frac{h_{Apl,horiz}}{t_{Apl,horiz,T}} = \frac{0,150}{1} = 0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (6.7)$$

Vertikální pohyb aplikátoru lepidla:

$$v_{Apl,vert,T} = \frac{h_{Apl,vert}}{t_{Apl,vert,T}} = \frac{0,02}{0,5} = 0,04 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (6.8)$$

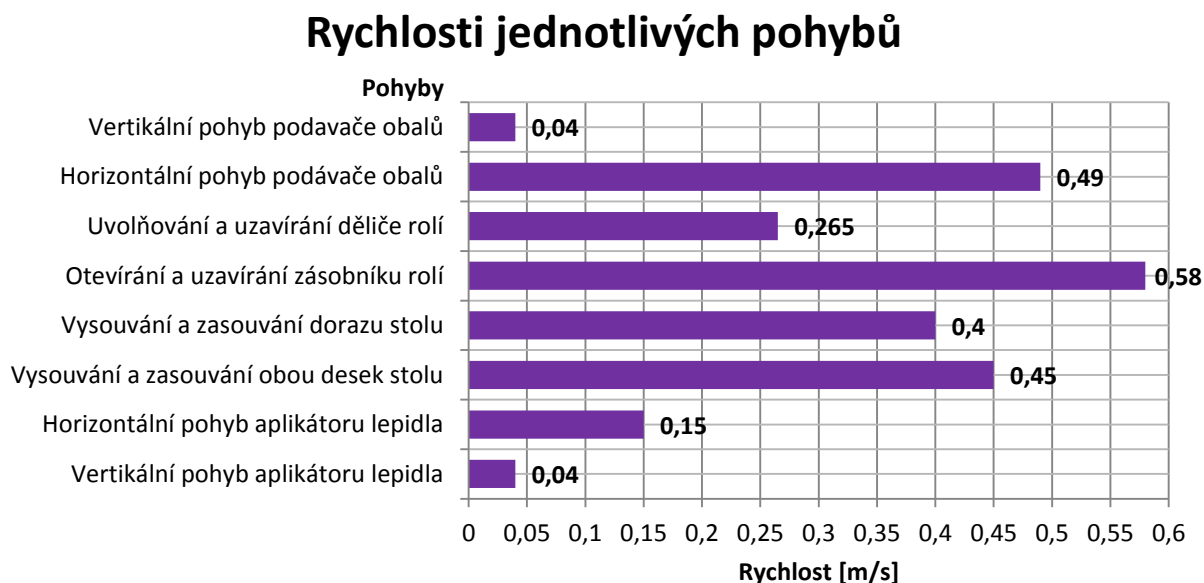
Otevření a uzavření dna kanálku:

$$\omega = \frac{\varphi}{t_{DSM,T}} = \frac{\frac{\pi}{2}}{0,5} = 30 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1} \quad (6.9)$$



Obr.6.1 – Diagram závislosti přenášené hmotnosti na rychlosti, v tomto případě pohon SLG-8 [8]

Pro porovnání jsem vytvořil diagram rychlostí jednotlivých pohybů (Obr.6.2).

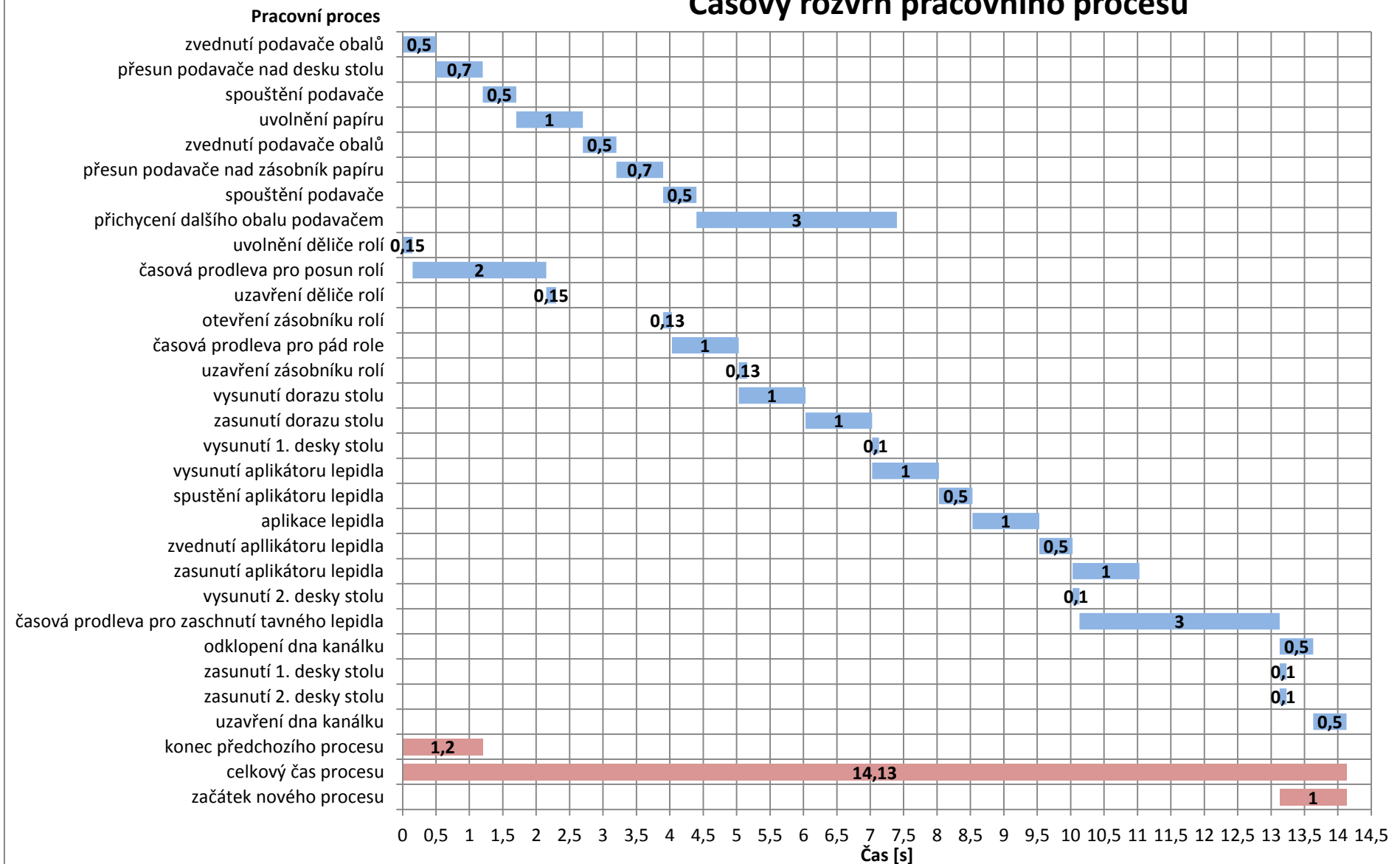


Obr.6. 2 - Diagram rychlosti jednotlivých pohybů

Z časového rozvrhu pracovního procesu je patrné, že pracovní proces balení jedné role trvá 14,13 s. Vezmeme-li však v úvahu skutečnost, že pracovní proces začíná ještě za chodu předchozího procesu a končí až po startu následujícího, získáme interval balení jedné role roven 11,93 s. Tento návrh tedy splňuje zadanou podmínku rychlosti balení 5 rolí·min⁻¹.

Rychlosti jednotlivých pohybů po sestavení zařízení nemusí zcela odpovídat vypočteným hodnotám. Stejně tak mnou navržené časové prodlevy mohou být v praxi nedostačující. V tomto případě může dojít k prodloužení pracovního procesu a balící zařízení pak nemusí být schopné splnit zadanou podmínku.

Časový rozvrh pracovního procesu



Obr.6.3 – Časový rozvrh pracovního procesu

7. NÁVRH PNEUMATIKY BALÍČÍHO STROJE

Všechny pneumatické pohony pracují s nemazaným stlačeným vzduchem.

7.1. Pneumatika pohonů

Při návrhu pneumatiky jsem využíval internetového softwaru firmy FESTO [29], pomocí kterého jsem získal odhadované hodnoty provozního tlaků a spotřeby vzduchu potřebné pro připojení pneumatického systému. Dále jsem pomocí programu získal diagramy závislosti polohy, rychlosti a tlaku na čase.

7.1.1. Uvolňování a uzavírání děliče rolí:

Pohon: SLG-8-100-P-A

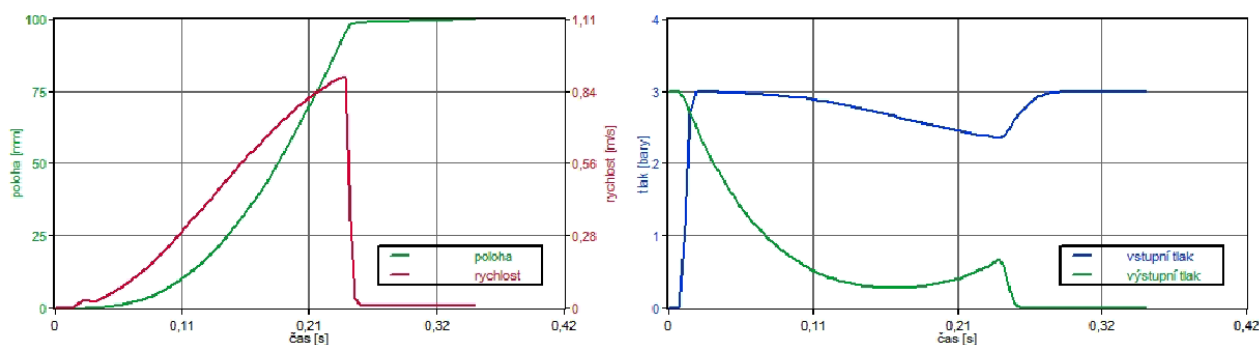
Provozní tlak: $p_{SLG8} = 0,3 \text{ MPa}$

Objem pneumatického válce: $V_{D\acute{e}l} = 0,093 \text{ l}$

Čas pro dosažení konečné polohy: $t_{D\acute{e}l} = 0,35 \text{ s}$

Spotřeba vzduchu:

$$Q_{D\acute{e}l} = \frac{V_{D\acute{e}l}}{t_{D\acute{e}l}} = \frac{0,093}{0,35} = 0,266 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \quad (7.1)$$



Obr.7.1 - Diagramy závislosti polohy, rychlosti a tlaku na čase

7.1.2. Otvírání a uzavírání zásobníku rolí:

Pohon: SLG-8-100-P-A

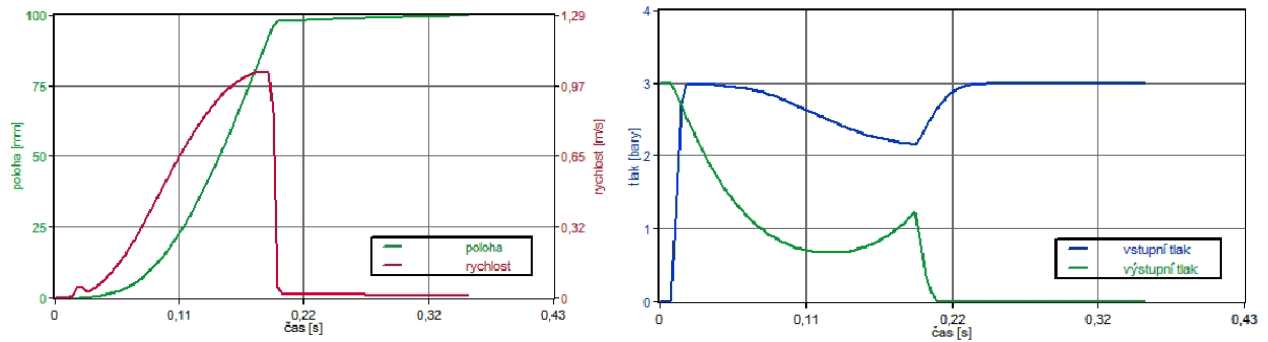
Provozní tlak: $p_{Zás} = 0,3 \text{ MPa}$

Objem pneumatického válce: $V_{Zás} = 0,93 \text{ l}$

Čas pro dosažení konečné polohy: $t_{Zás} = 0,35 \text{ s}$

Spotřeba vzduchu:

$$Q_{Zás} = \frac{V_{Zás}}{t_{Zás}} = \frac{0,93}{0,35} = 0,266 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \quad (7.2)$$



Obr.7.2 - Diagramy závislosti polohy, rychlosti a tlaku na čase

7.1.3. Vertikální pohyb podavače obalů:

Pohon: ADNGF-12-20-P-A

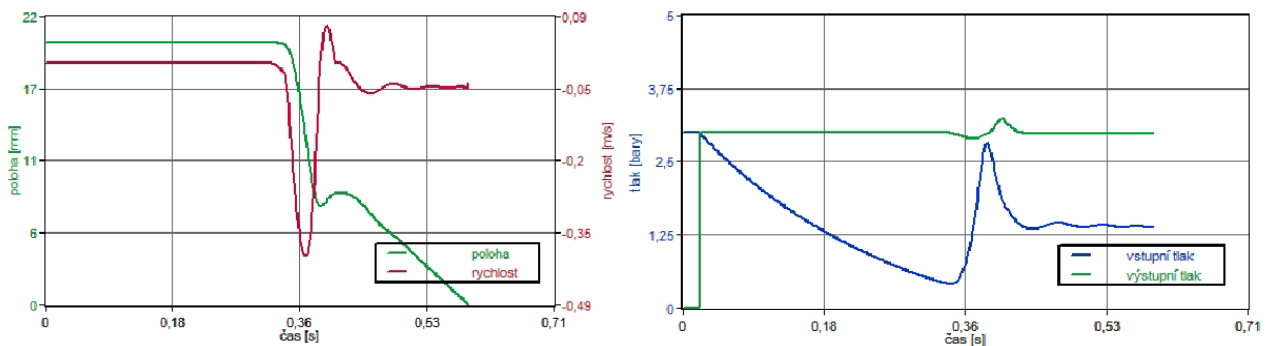
Provozní tlak: $p_{ADNGF} = 0,3 \text{ MPa}$

Objem pneumatického válce: $V_{Pod,vert} = 0,09 \text{ l}$

Čas pro dosažení koncové polohy: $t_{Pod,vert} = 0,59 \text{ s}$

Spotřeba vzduchu:

$$Q_{Pod,vert} = \frac{V_{Pod,vert}}{t_{Pod,vert}} = \frac{0,09}{0,59} = 0,153 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \quad (7.3)$$



Obr.7.3 - Diagramy závislosti polohy, rychlosti a tlaku na čase

7.1.4. Horizontální pohyb podavače obalů:

Pohon: SLG-8-400-P-A

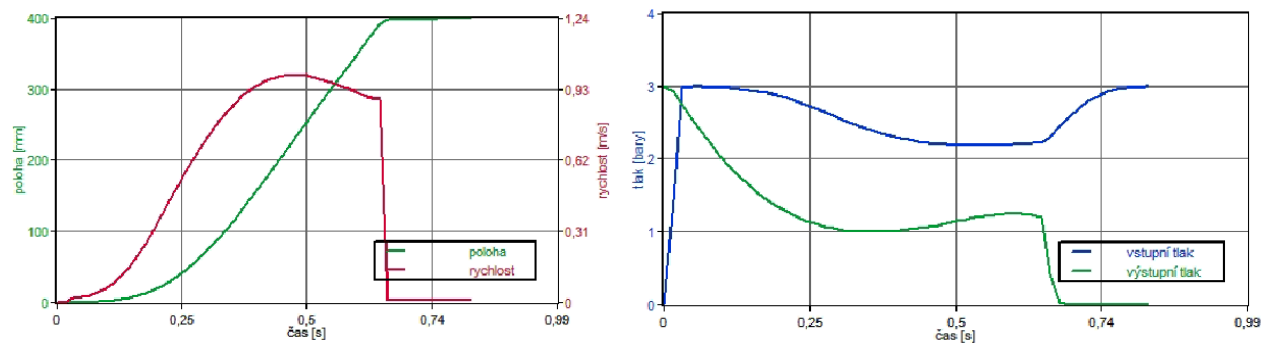
Provozní tlak: $p_{Pod,horiz} = 0,3 \text{ MPa}$

Objem pneumatického válce: $V_{Pod,horiz} = 0,23 \text{ l}$

Čas pro dosažení koncové polohy: $t_{Pod,horiz} = 0,82 \text{ s}$

Spotřeba vzduchu:

$$Q_{Pod,horiz} = \frac{V_{Pod,horiz}}{t_{Pod,horiz}} = \frac{0,23}{0,82} = 0,28 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \quad (7.4)$$



Obr.7.4 - Diagramy závislosti polohy, rychlosti a tlaku na čase

7.1.5. Vysouvání a zasouvání dorazu stolu:

Pohon: ADNGF-20-200-P-A

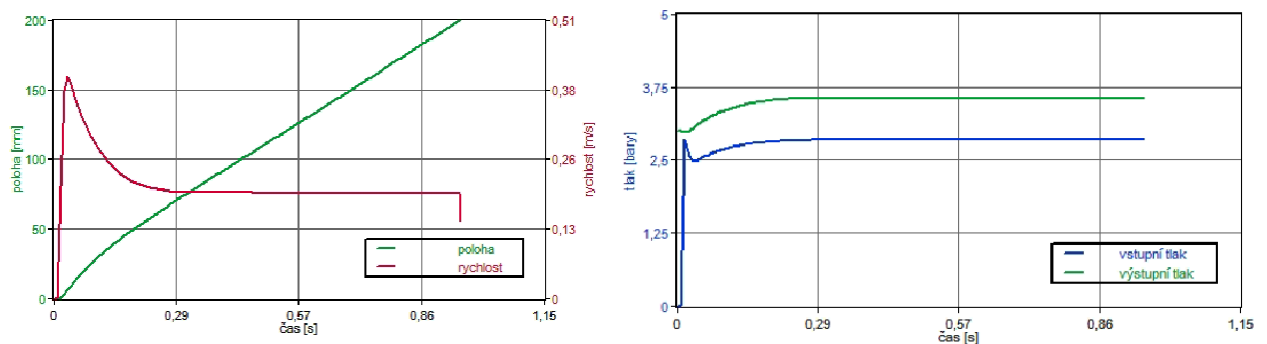
Provozní tlak: $p_{Dor} = 0,3 \text{ MPa}$

Objem pneumatického válce: $V_{Dor} = 0,52 \text{ l}$

Čas pro dosažení konečné polohy: $t_{Dor} = 0,95 \text{ s}$

Spotřeba vzduchu:

$$Q_{Dor} = \frac{V_{Dor}}{t_{Dor}} = \frac{0,52}{0,95} = 0,547 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \quad (7.5)$$



Obr.7.5 - Diagramy závislosti polohy, rychlosti a tlaku na čase

7.1.6. Vysouvání a zasouvání obou desek stolu:

Pohon: SLG-8-100-P-A

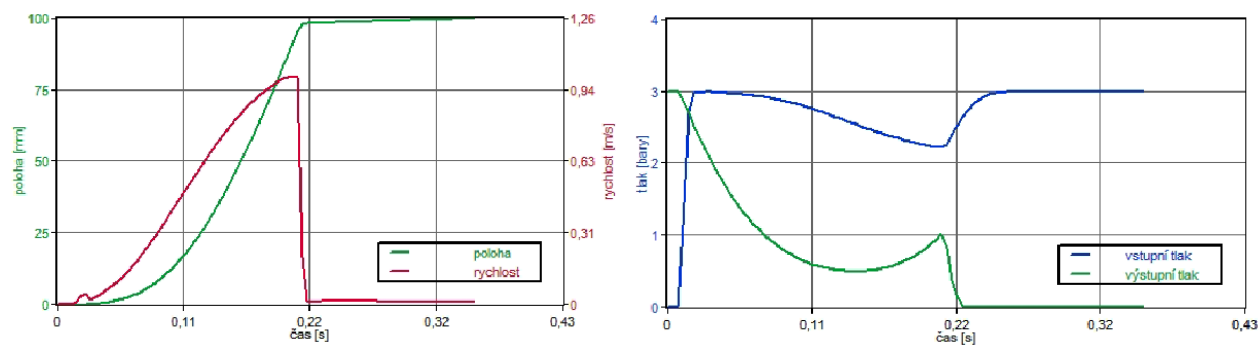
Provozní tlak: $p_{Des} = 0,3 \text{ MPa}$

Objem pneumatického válce: $V_{Des} = 0,093 \text{ l}$

Čas pro dosažení konečné polohy: $t_{Des} = 0,36 \text{ s}$

Spotřeba vzduchu:

$$Q_{Des} = \frac{V_{Des}}{t_{Des}} = \frac{0,093}{0,36} = 0,258 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \quad (7.6)$$



Obr.7.6 - Diagramy závislosti polohy, rychlosti a tlaku na čase

7.1.7. Horizontální pohyb aplikátoru lepidla:

Pohon: ADNGF-25-150-P-A

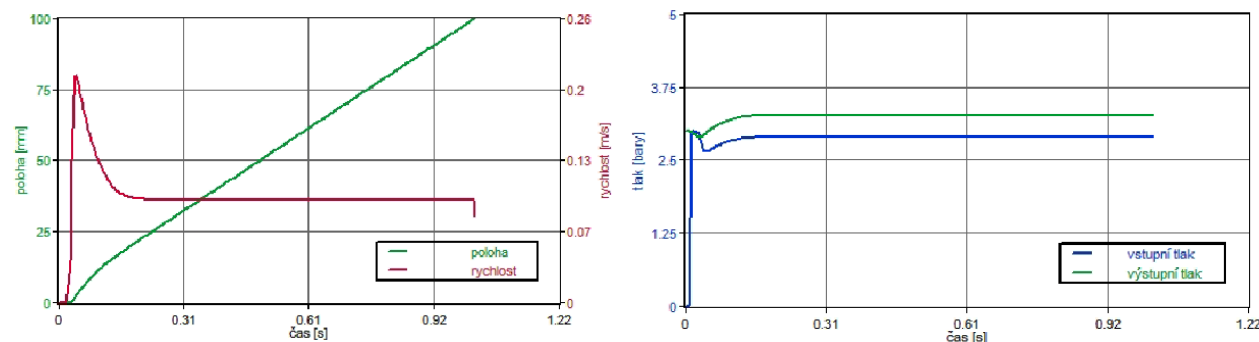
Provozní tlak: $p_{Apl,horiz} = 0,3 \text{ MPa}$

Objem pneumatického válce: $V_{Apl,horiz} = 0,437 \text{ l}$

Čas pro dosažení konečné polohy: $t_{Apl,horiz} = 1,01 \text{ s}$

Spotřeba vzduchu:

$$Q_{Apl,horiz} = \frac{V_{Apl,horiz}}{t_{Apl,horiz}} = \frac{0,437}{1,01} = 0,433 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \quad (7.7)$$



Obr.7.7 - Diagramy závislosti polohy, rychlosti a tlaku na čase

7.1.8. Vertikální pohyb aplikátoru lepidla:

Pohon: ADNGF-12-20-P-A

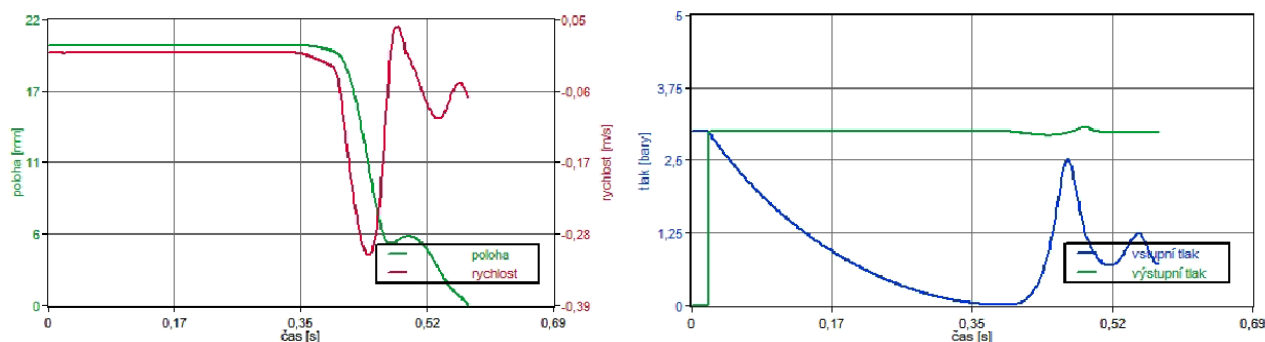
Provozní tlak: $p_{Apl,vert} = 0,3 \text{ MPa}$

Objem pneumatického válce: $V_{Apl,vert} = 0,09 \text{ l}$

Čas pro dosažení konečné polohy: $t_{Apl,vert} = 0,58 \text{ s}$

Spotřeba vzduchu:

$$Q_{Apl,vert} = \frac{V_{Apl,vert}}{t_{Apl,vert}} = \frac{0,09}{0,58} = 0,155 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \quad (7.8)$$



Obr.7.8 - Diagramy závislosti polohy, rychlosti a tlaku na čase

7.1.9. Otevření a uzavření dna kanálků:

Pohon: DSM-10-90-P-FW

Provozní tlak: $p_{DSM} = 0,3 \text{ MPa}$

Objem pneumatického válce: $V_{DSM} = 0,0055 \text{ l}$

Čas pro dosažení konečné polohy: $t_{DSM} = 1 \text{ s}$

Spotřeba vzduchu:

$$Q_{DSM} = \frac{V_{DSM}}{t_{DSM}} = \frac{0,0055}{0,5} = 0,011 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \quad (7.9)$$

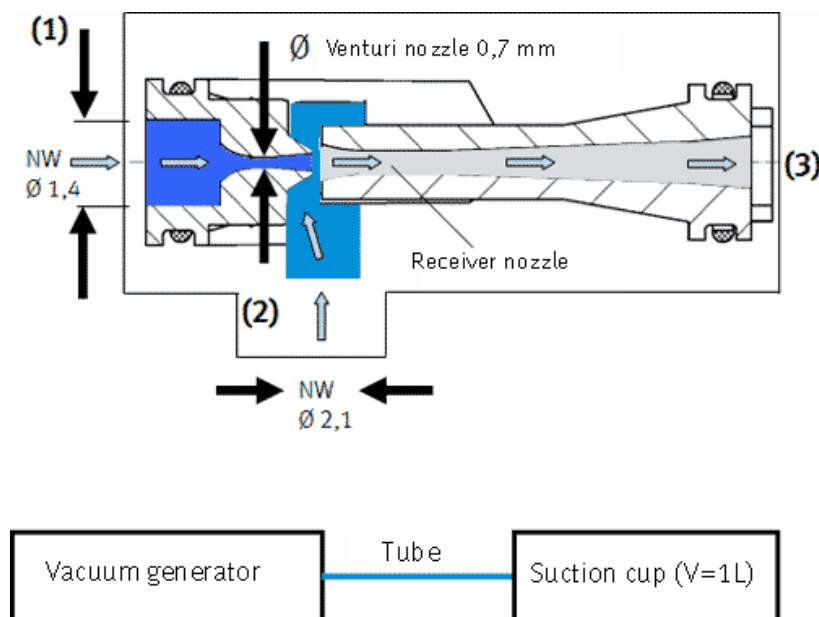
Při porovnání spotřeb vzduchu všech pohonů jednotlivě zjistíme, že na nejvyšší hodnotě se pohybuje spotřeba kompaktního válce dorazu stolu. Ještě větší spotřebu mají však pohony pracující souběžně, z nichž nejvyšší hodnoty dosahuje kompaktní válec dorazu stolu, pracující paralelně s přímočarým pohonem uzávěru zásobníku rolí. **V tento okamžik musí pneumatický systém dodávat při provozním tlaku 0,3 MPa vzduch o minimální spotřebě $Q_{\min} = 0,813 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.**

7.2. Návrh vakuového systému

7.2.1. Vakuový ejektor

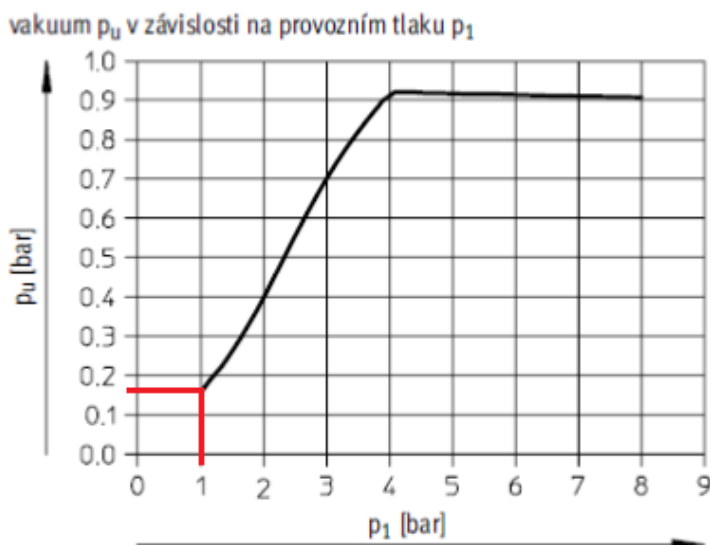
Vakuový ejektor funguje na základě Venturiho principu (Obr.7.9). Stlačený vzduch proudí od tlakového připojení vzduchu do ejektoru (1). Zúžení v trysce difuzoru zvýší rychlost proudění vzduchu až na úroveň nadzvukové rychlosti. Po výstupu z trysky difuzoru vzduch zvýší svůj objem a proudí přes trysku přijímače do výstupního otvoru (3). Během tohoto procesu se tvoří vakuum v komoře mezi tryskou difuzoru a tryskou

přijímače, které způsobují nasávání vzduchu z otvoru připojení vakua (2). Nasátý vzduch i odpadní vzduch proudí následně ven přes výstupní otvor (3) [30].



Obr.7.9 - Venturiho princip [30]

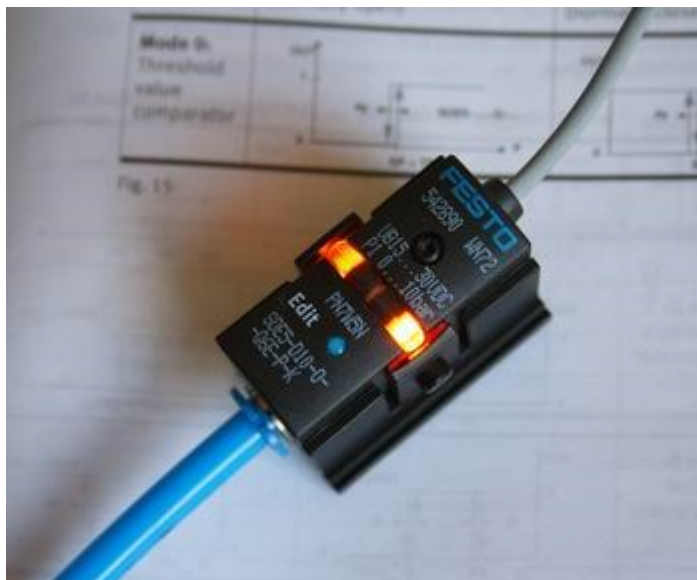
Na následujícím diagramu je znázorněna závislost vakua na provozním tlaku (Obr.7.10). Pro přísátí břemene o tak malé hmotnosti, jakou má papírový obal, nelze jednoznačně určit hodnotu vakua. Při vysoké hodnotě by mohlo docházet k nasávání obalu do dutiny přísavky a tím k deformaci obalu. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl zvolit minimální hodnotu, která činí vakuum $p_u \cong 0,016$ MPa při provozním tlaku $p_1 = 0,1$ MPa. Po odzkoušení může být hodnota provozního tlaku zvýšena.



Obr.7.10 – Diagram závislosti vakua na provozním tlaku [10]

7.2.2. Tlakový spínač

Slouží k hlídání napájecího tlaku pneumatických obvodů i s nastavitelnou hysterezí. Pokud tlak vzduchu překročí nastavenou hodnotu, změní se stav výstupu a rozsvítí se žlutá LED kontrolka (Obr.7.11).



Obr.7.11 – Tlakový spínač FESTO SDE5 [31]

7.2.3. Přísavka

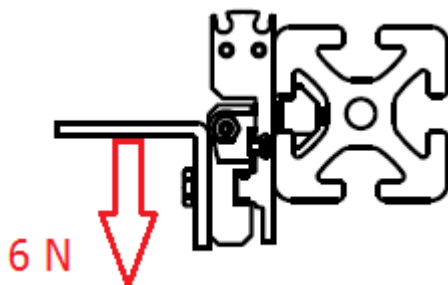
Přísavka slouží k přesnému přichycení k různým plochám zvedaného břemene. V tomto případě jsem zvolil standartní tvar přísavky pro přímé plochy. Přívod vakua je u tohoto typu z boční strany.

8. PEVNOSTNÍ KONTROLA NOSNÝCH PRVKŮ

Při procesu balení nejsou jednotlivé díly balicího stroje namáhány velkými silami, z důvodů malé hmotnosti zpracovávaného materiálu. Nosné části jsou však namáhány silami, vznikajícími tíhou mechanických částí. Z toho důvodu zde uvádím pevnostní kontrolu jednotlivých nosných prvků, provedenou metodou konečných prvků pomocí počítačového softwaru AUTODESK INVENTOR 2012.

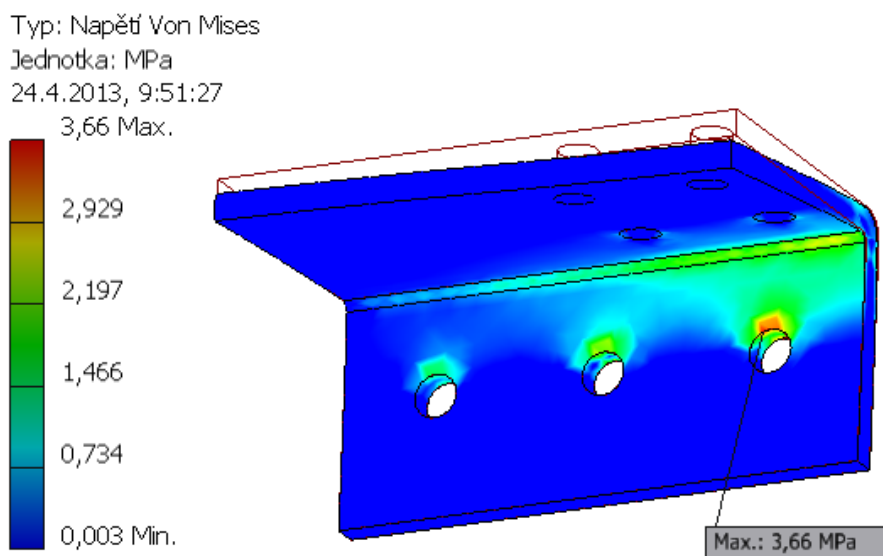
8.1. Pevnostní kontrola závěsu válce

Na závěs válce působí síla způsobená hmotností pneumatického válce, nosiče vakuového systému a dvou sad přísavek s komponenty (Obr.8.1).



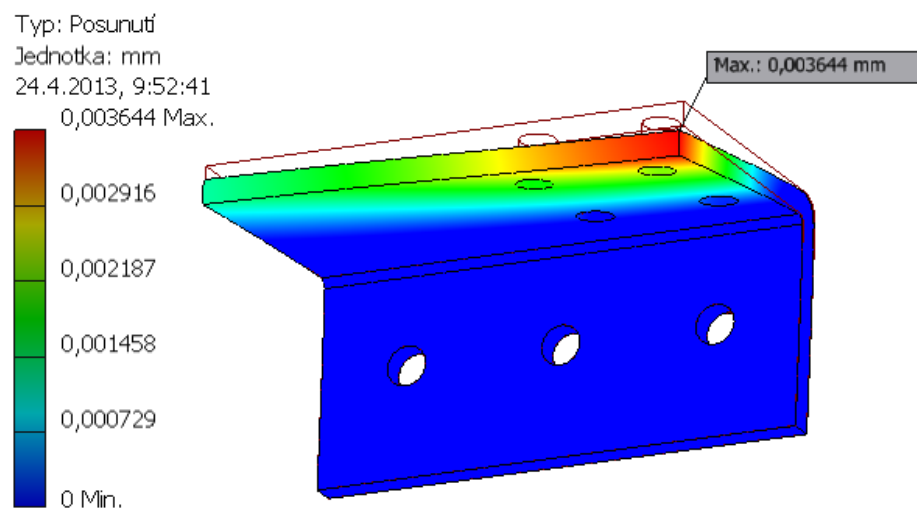
Obr.8.1 - Schéma zatížení závěsu válce

Z výsledků výpočtů je patrné, že hodnota maximálního napětí dosahuje hodnoty 3,66 MPa. Součinitel bezpečnosti je roven 15 (Obr.8.2).



Obr.8.2 - Průběh napětí

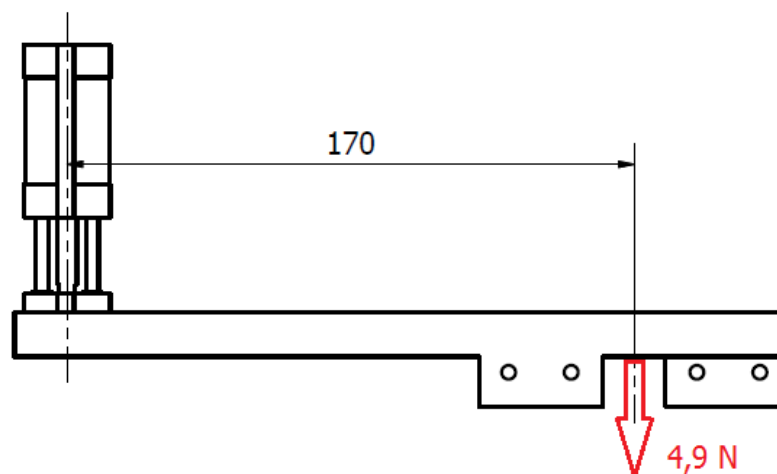
Vlivem zatížení se závěs válce deformuje zanedbatelnou hodnotou 0,0036 mm (Obr.8.3).



Obr.8.3 - Deformace závěsu válce

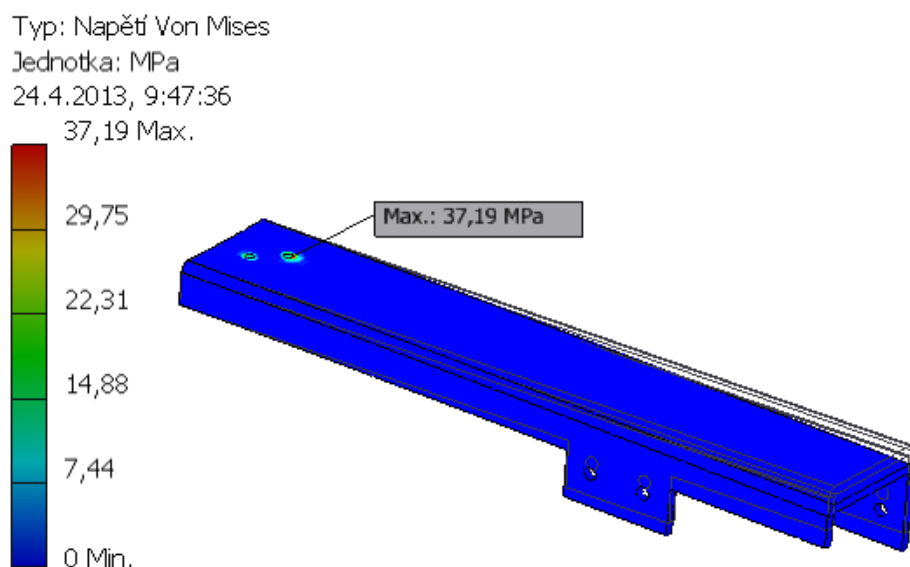
8.2. Pevnostní kontrola nosiče vakuového systému

Nosič vakuového systému je namáhán ohybem, způsobeným tíhou vakuového systému (Obr.8.4).



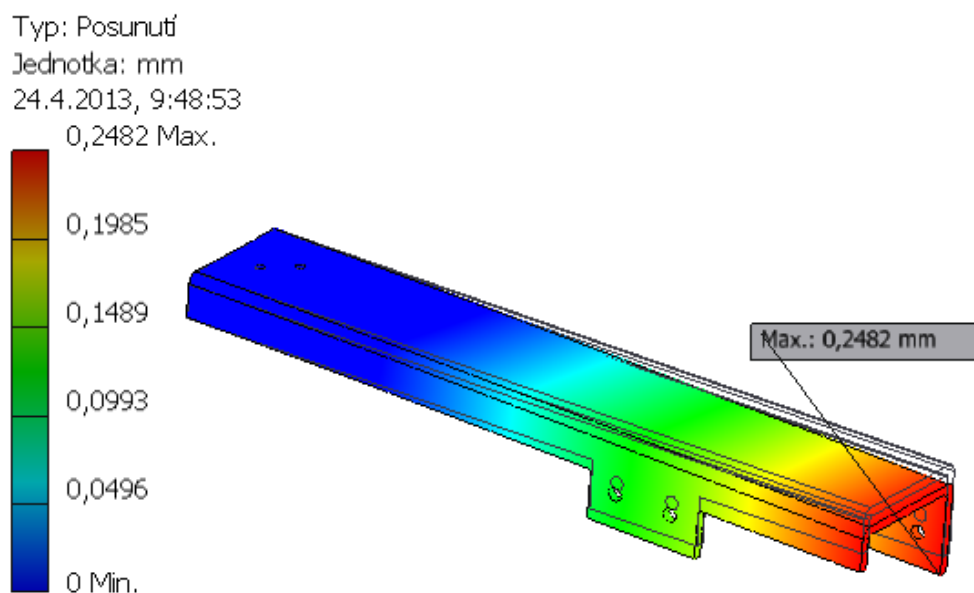
Obr.8.4 - Schéma zatížení nosiče vakuového systému

Zatížení způsobuje v místě upevnění nosiče maximální napětí o hodnotě 37,19 MPa. Hodnota součinitele bezpečnosti je rovna 7,39 (Obr.8.5).



Obr.8.5 - Průběh napětí

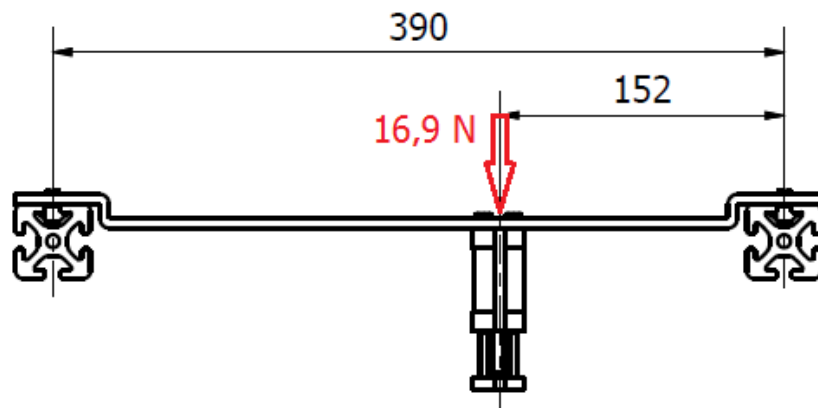
Nosič vakuového systému se vlivem ohybového zatížení deformuje o hodnotu 0,25 mm. Tato malá deformace nemá na funkčnost zařízení vliv (Obr.8.6).



Obr.8.6 - Deformace nosiče vakuového systému

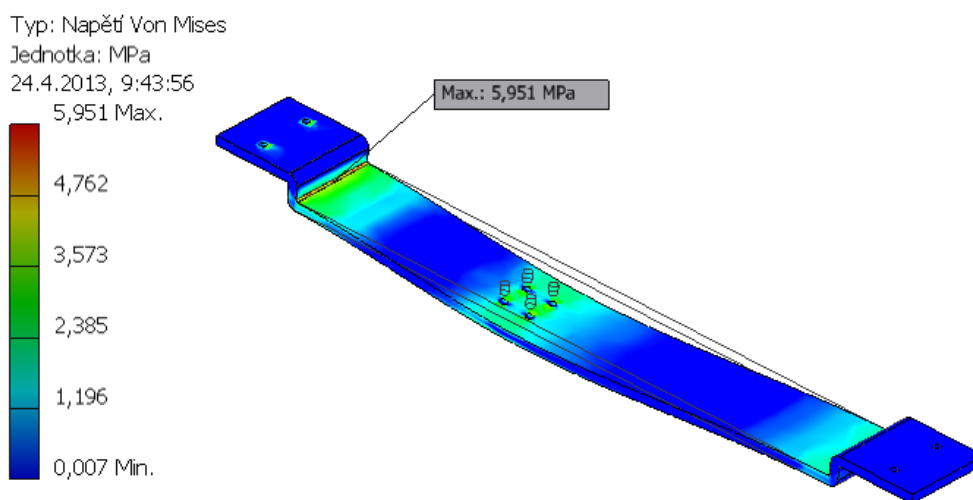
8.3. Pevnostní kontrola nosníku aplikátoru lepidla

Aplikátor lepidla, složený ze skupiny vstřikovacích trysek, dvou pneumatických válců a dalších dílů, způsobuje svou hmotností ohybové namáhání nosníku (Obr.8.7).



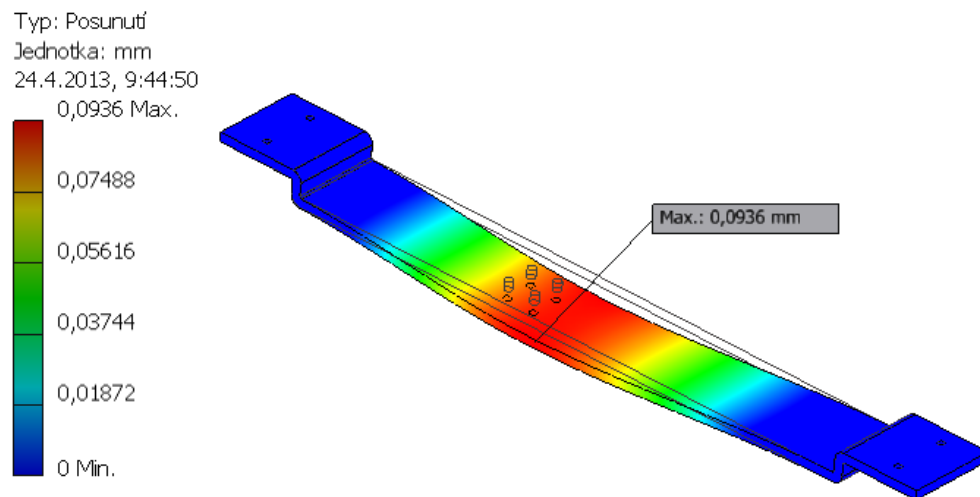
Obr.8.7 - Schéma zatížení nosníku aplikátoru lepidla

Maximální hodnota napětí činí 5,95 MPa, součinitel bezpečnosti je roven 15 (Obr.8.8).



Obr.8.8 - Průběh napětí

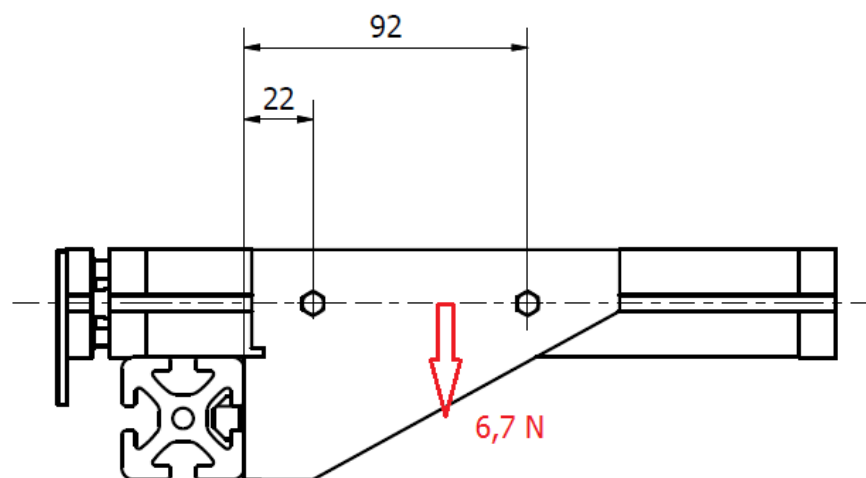
Vlivem zatížení se nosník prohne o zanedbatelnou hodnotu 0,09 mm (Obr.8.9).



Obr.8.9 - Deformace nosníku aplikátoru lepidla

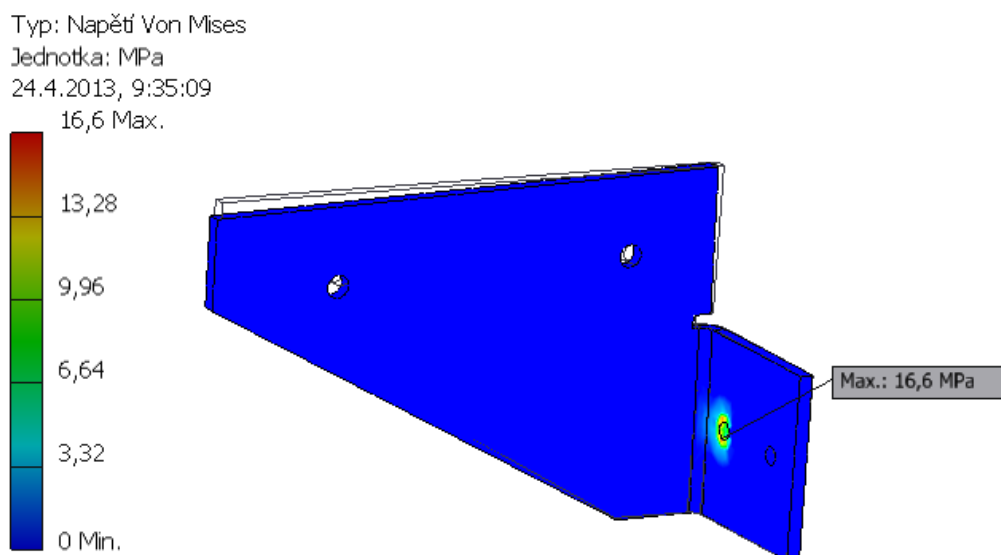
8.4. Pevnostní kontrola podpěry válce dorazu

Pneumatický válec dorazu způsobuje svou hmotností ohybové namáhání podpěry (Obr.8.10).



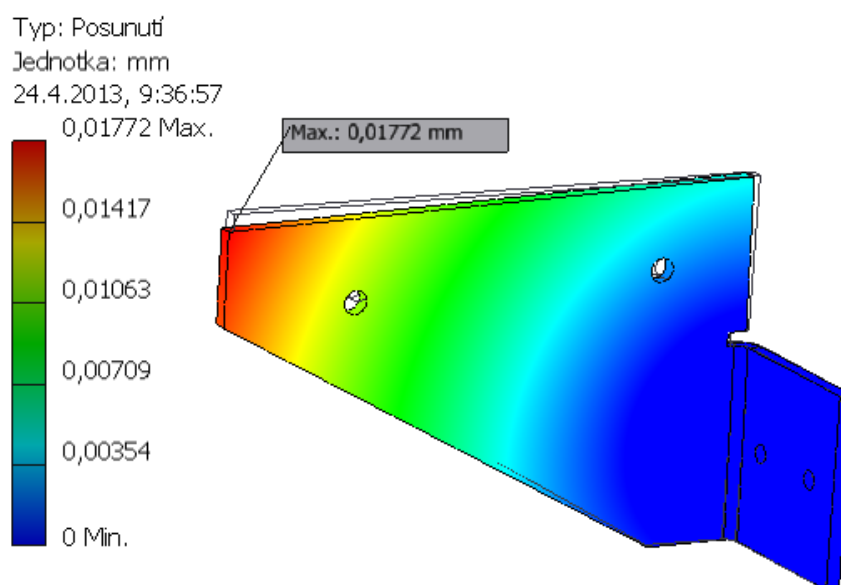
Obr.8.10 - Schéma zatížení podpěry válce dorazu

Maximální napětí se koncentruje do otvorů pro uchopení podpěry k rámu a jeho hodnota je 16,6 MPa (Obr.8.11).



Obr.8.11 - Průběh napětí

Deformace podpěry má velmi malou hodnotu 0,02 mm (Obr.8.12).



Obr.8.12 - Deformace podpěry válce dorazu

9. FINANČNÍ ODHAD

Z důvodů možné realizace návrhu přikládám zpracovaný finanční odhad celého projektu (Tab.9.1). Hodnoty cen k rámu a lineárnímu vedení jsem získal formou poptávek u firem ITEM a LIN-TECH HENNLICH. Ceny k pohonům a vakuovému systému FESTO se daly odečíst z internetových stránek po registraci. Ostatní částí jsem stanovil vlastním odhadem.

Hodnoty cen jsou pouze informativní, nemusí odpovídat skutečným cenám od dealerů.

Tab.9.1 - Finanční odhad

Části	Množství	Cena
Rám		
Profil 8 40x40	9,3 m	10 922,-
Úhelník 8 Zn 40 sada	24 ks	
Krytka 8 40x40	8 ks	
Drážková matice 8 Zn M3	44 ks	
Pohony		
ADNGF-12-20-P-A	2 ks	3 701,08,-
ADNGF-20-200-P-A	1 ks	2 018,98,-
ADNGF-25-150-P-A	1 ks	3 515,-
SLG-8-100-P-A	4 ks	74 656,20,-
SLG-8-400-P-A	1 ks	22 937,68,-
DSM-10-90-P-FW	1 ks	4 991,46,-
Vakuový systém		
VN-05-M-I2-PQ1-VT1	2 ks	1 218,16,-
SDE5-D10-FP-Q4-P-K	2 ks	3 774,68,-
ESG-15-SN-HD-PK	2 ks	2 203,90,-
Lineární vedení		
IGUS DryLin T	4 ks	2186,-
Spojovací prvky		
Šrouby a matice		500,-
Ostatní		
Vyrobené součásti		30 000,-
Cena celkem		162 625,-

10. ZÁVĚR

Úkolem diplomové práce byl konstrukční návrh baličky rolí sáčků na odpad. Na základě zpracovaného přehledu balících strojů a vyzkoušené metody balení pomocí dřevěného modelu jsem navrhl konkrétní zařízení, zajišťující pravidelné obalování rolí. Nosnou část zařízení tvoří rám, složený z hliníkových montážních profilů. Veškeré pohyby mechanických částí zajišťují pneumatické pohony. Zařízení je opatřeno zásobníkem rolí, pro pravidelné dodávání rolí, a zásobníkem obalů s podavačem, sloužící k pravidelnému připravování papírových obalů pro následující balení. Obal je proti rozbalení zajištěn lepeným spojem. Tento spoj je tvořen aplikátorem tavného lepidla. Návrh konkrétního nanášecího zařízení není součástí této diplomové práce. Veškeré části balícího stroje jsou opatřeny nastavitelnými prvky pro možnost balení zadaného rozsahu velikosti rolí.

V další části práce jsem zpracoval návrh jednotlivých pohonů, včetně kontroly únosnosti, vypočetl kinematiku pohonů a provedl návrh pneumatických parametrů tak, aby byla balička schopna balit $5 \text{ rolí} \cdot \text{min}^{-1}$. Pomocí metody konečných prvků jsem provedl kontrolu nosných částí.

Pro případ realizace návrhu baličky rolí sáčku na odpad jsem zpracoval přibližný finanční odhad celého zařízení.

V příloze jsem uvedl výkresovou dokumentaci skládající se z dílenského výkresu čepu dna kanálku a sestavu baličky rolí sáčků na odpad.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOLEK, A.; KOCHMAN, J. *Části strojů 1*. Praha: SNTL, 1990.
ISBN 80-03-00046-7
- [2] BOLEK, A.; KOCHMAN, J. *Části strojů 2*. Praha: SNTL, 1990.
ISBN 80-03-00426-8
- [3] DEJL, Z. *Konstrukce strojů a zařízení I*. Ostrava: Montanex, 2000.
ISBN 80-7225-018-3
- [4] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Třetí doplněné vydání ALBRA – pedagogické nakladatelství. Úvaly: 2006. ISBN 80-7361-033-7
- [5] Katalog Stavebnicové systémy ITEM. Dostupné z WWW: <http://www.haberkorn.cz/system-hlinikovych-profilu/>
- [6] Katalog Lineární vedení DryLin. Dostupné z WWW: <http://www.igus.cz/wpck/default.aspx?PageNr=1853&CL=CZ-cs>
- [7] Katalog Přímocharé pohony FESTO SLG. Dostupné z WWW: https://www.festo.com/cat/cs_cz/search?query=slg
- [8] Katalog Kompaktní válce FESTO ADNGF. Dostupné z WWW: https://www.festo.com/cms/cs_cz/9718.htm
- [9] Katalog Kyvné pohony FESTO DSM. Dostupné z WWW: https://www.festo.com/cms/cs_cz/9722.htm
- [10] Katalog Vakuové ejektory FESTO VN. Dostupné z WWW: https://www.festo.com/cms/cs_cz/9756.htm
- [11] Katalog Tlakové spínače FESTO SDE5. Dostupné z WWW: http://www.festo.com/cms/cs_cz/9704.htm
- [12] Katalog Přísavky FESTO. Dostupné z WWW: http://www.festo.com/cms/cs_cz/9755.htm
- [13] VIPOR v.o.s. Dostupné z WWW: <http://studio.kraft-praha.cz/studio/odkazy/index.php?page=data/odkazy>
- [14] VIPOR v.o.s. Dostupné z WWW: <http://vipor.cz/kontakt.html>
- [15] UNIPACK. Dostupné z WWW: <http://www.unipack.cz/stroje-pro-balení-do-teplem-smrstitelne-folie>
- [16] Horizontální stroje. Dostupné z WWW: <http://www.technology.cz/horizontalni-balici-stroje>
- [17] Ovinovací stroje. Dostupné z WWW: <http://www.technology.cz/balici-stroje>
- [18] Ovinovací stroje. Dostupné z WWW: <http://www.unipack.cz/ovinovací-stroj>

- [19] Lepicí stroje. Dostupné z WWW: <http://www.unipack.cz/lepici-stroje>
- [20] Páskovací stroje. Dostupné z WWW: <http://www.technology.cz/balici-stroje>
- [21] Páskovací stroje. Dostupné z WWW: <http://www.unipack.cz/paskovaci-stroj-mosca-evolution-mp-6t>
- [22] Vakuové balicí stroje. Dostupné z WWW: <http://www.technology.cz/vakuove-balici-stroje>
- [23] Stroje pro balení do misek. Dostupné z WWW: <http://www.technology.cz/stroj-pro-baleni-do-misek-reeseal-32-sx>
- [24] Elektrické lineární šroubové pohony. Dostupné z WWW: <http://www.linak.cz/products/Linear-Actuators.aspx?product=LA27>
- [25] Elektrické válce s lineárním elektropohonem. Dostupné z WWW: http://www.festo.com/cms/cs_cz/17589.htm
- [26] Elektrické přímočaré řemenové pohony. Dostupné z WWW: http://www.festo.com/cms/cs_cz/15601.htm
- [27] Pneumatické bezpístnicové pohony. Dostupné z WWW: http://www.festo.com/cms/cs_cz/15609_15614.htm#id_15614
- [28] Pneumatické kompaktní válce. Dostupné z WWW: http://www.festo.com/cms/cs_cz/19168.htm
- [29] Internetový software FESTO. Dostupné z WWW: http://www.festo.com/cms/cs_cz/index.htm
- [30] Venturiho princip. Dostupné z WWW: http://www.festo.com/cms/cs_cz/9830.htm
- [31] Tlakový spínač FESTO SDE5. Dostupné z WWW: <http://automatizace.hw.cz/test-snimac-tlaku-festo-sde5-s-piezoelektrickym-senzorem>

SEZNAM PŘÍLOH

- | | |
|---------------------|-----------|
| A. Sestava: | HEC090-01 |
| B. Dílenský výkres: | HEC090-02 |